



EL LIBRO DE REFERENCIA

De Las **HUELLAS
DACTILARES**

Departamento de Justicia de los Estados Unidos
Oficina de Programas de Justicia
810 Seventh Street N. W.
Washington, DC 20531

Eric H. Holder, Jr.
Procurador General

Laurie O. Robinson
Subprocurador General

John H. Laub
Director, Instituto Nacional de Justicia

Ésta y otras publicaciones y productos del Instituto Nacional de Justicia se pueden encontrar en:

Instituto Nacional de Justicia
www.nij.gov

Programas de la Oficina de Justicia
Innovación • Sociedades • Colonias más seguras
www.ojp.usdoj.gov



CONTENIDOS

iii

Prefacio

1-1

Capítulo 1: Historia

2-1

Capítulo 2: Anatomía y Fisiología de la Cresta de Fricción en la Piel Adulta

3-1

Capítulo 3: Embriología y Morfología de la Piel de las Crestas de Fricción

4-1

Capítulo 4: Registro de Ejemplares de Crestas de Fricción Vivientes y Post Mórtem

5-1

Capítulo 5: Sistemas de Clasificación de Crestas de Fricción

6-1

Capítulo 6: Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares (AFIS)

7-1

Capítulo 7: Desarrollo de la Impresión Latente

8-1

Capítulo 8: La Preservación de las Crestas de Fricción

9-1

Capítulo 9: Proceso de Examinación

10-1

Capítulo 10: Documentación de Impresiones de Crestas de Fricción: De la Escena a la Conclusión

11-1

Capítulo 11: Equipo

12-1

Capítulo 12: Garantía de Calidad

13-1

Capítulo 13: Huellas Dactilares y la Ley

14-1

Capítulo 14: Investigación Científica que Sustenta los Fundamentos de la Examinación de Crestas de Fricción

15-1

Capítulo 15: Habilidades Especiales y Debilidades en la Habilidad Forense

A-1

Apéndice A: Biografía del Autor y del Revisor

B-1

Apéndice B: El Origen del Grupo de Trabajo Científico sobre el Análisis, Estudio y Tecnología de las Crestas de Fricción (SWGFAST)

C-1

Apéndice C: Miembros de SWGFAST

D-1

Apéndice D: Terminología Estándar de SWGFAST sobre la Examinación de Huellas Dactilares, ver. 3.0



PREFACIO

La idea de *El Libro de Referencia de las Huellas Dactilares* se originó durante una reunión en abril de 2002. Los individuos quienes representaban a las comunidades académicas y científicas de huellas dactilares se reunieron en Chicago, Illinois, durante día y medio para discutir el estado de la identificación de huellas dactilares con miras hacia los desafíos planteados por cuestiones de Daubert. La reunión fue un proyecto conjunto entre la Asociación Internacional para la Identificación (IAI) y la Universidad de West Virginia (WVU). Una recomendación que salió de esa reunión fue la sugerencia de crear un libro de referencia para los revisores de crestas de fricción, es decir, una única fuente de información documentada con respecto al tema. Este libro de referencia proporcionaría información educativa, de capacitación, e investigación para la comunidad científica internacional.

El Grupo de Trabajo Científico sobre el Análisis, Estudio y Tecnología de las Crestas de Fricción (SWGFAST) preparó un resumen de los temas que debían ser incluidos en el libro de referencia. Charles Illsley, miembro del SWGFAST, preparó una propuesta de subsidios para entregarla al Instituto Nacional de Justicia (NIJ) y solicitar la financiación del proyecto, con Frank Fitzpatrick como el director del proyecto y Alan y Debbie McRoberts

como los editores de libro de referencia. Aunque muchos participantes del proyecto eran, y algunos siguen siendo, miembros activos del SWGFAST, la participación en el proyecto no estaba restringida a miembros del SWGFAST.

El NIJ proporcionó financiamiento a la Iniciativa de Ciencias Forenses de WVU para apoyar el proyecto, y extendió un llamado a los autores y revisores de toda la comunidad forense. Se pidió a los posibles autores que prepararan un esquema detallado y una introducción (aproximadamente de 250 a 750 palabras) para cada capítulo que esperaban escribir. También se les pidió proporcionar un currículum vitae. Dos o más individuos eligieron ser voluntarios para la mayoría de los capítulos y algunos capítulos tenían hasta siete voluntarios. Los revisores criticaron las introducciones y bosquejos para los distintos capítulos, y Frank Fitzpatrick y yo hicimos la selección final de los autores de los capítulos. Múltiples revisores para cada capítulo participaron, quienes se encuentran listados al final de cada capítulo. Los currículos de todos los autores y la mayoría de los revisores se incluyen en el apéndice.

Después se hizo la selección de los autores y, los capítulos fueron asignados a los distintos autores y

coautores, los capítulos fueron escritos y varias rondas de revisiones del autor y la final se completaron. Los capítulos fueron editados y revisados nuevamente. Después, los capítulos fueron entregados al NIJ, en donde una revisión y edición finales se llevaron a cabo. Durante el proceso de edición y revisión de la NIJ, se añadió el Capítulo 15 (Habilidades y vulnerabilidades especiales de expertos forenses) al proyecto debido a la importancia contemporánea puesta en esta investigación. Aquellos empleados del NIJ – y contratistas, en particular Danielle Weiss y David Fialkoff – quienes participaron en la revisión, edición y finalización de este libro deben ser felicitados por sus esfuerzos al llevar a este proyecto a que se completara.

Para aquellos de nosotros quienes hemos trabajado en el campo de la identificación de huellas dactilares durante los últimos 50 años, la influencia de líderes de la Oficina Federal

de Investigaciones (FBI) en la capacitación de huellas dactilares es bien conocida. Sin embargo, con la creación del SWGFAST en 1995, la FBI mostró gran liderazgo en la provisión de un mecanismo para promover las normas de consenso dentro de nuestra diversa comunidad forense. Un breve bosquejo sobre el origen del SWGFAST y una lista de los miembros anteriores y actuales del SWGFAST están incluidos en el apéndice.

En la historia de las huellas dactilares no se ha hecho ningún esfuerzo de esta magnitud al reunir la mayor cantidad de información revisada en una sola fuente. Me gustaría expresar mi reconocimiento y aprecio a los futuros lectores de todos los autores y revisores que han contribuido con tanto tiempo y esfuerzo para hacer de este libro una realidad.

Alan McRoberts,
Editor

CAPÍTULO



HISTORIA

JEFFERY G. BARNES

CONTENIDOS

3 1.1 Introducción

3 1.2 Historia Antigua

4 1.3 221 AC a 1637 DC

5 1.4 Siglos 17 y 18

6 1.5 Siglo 19

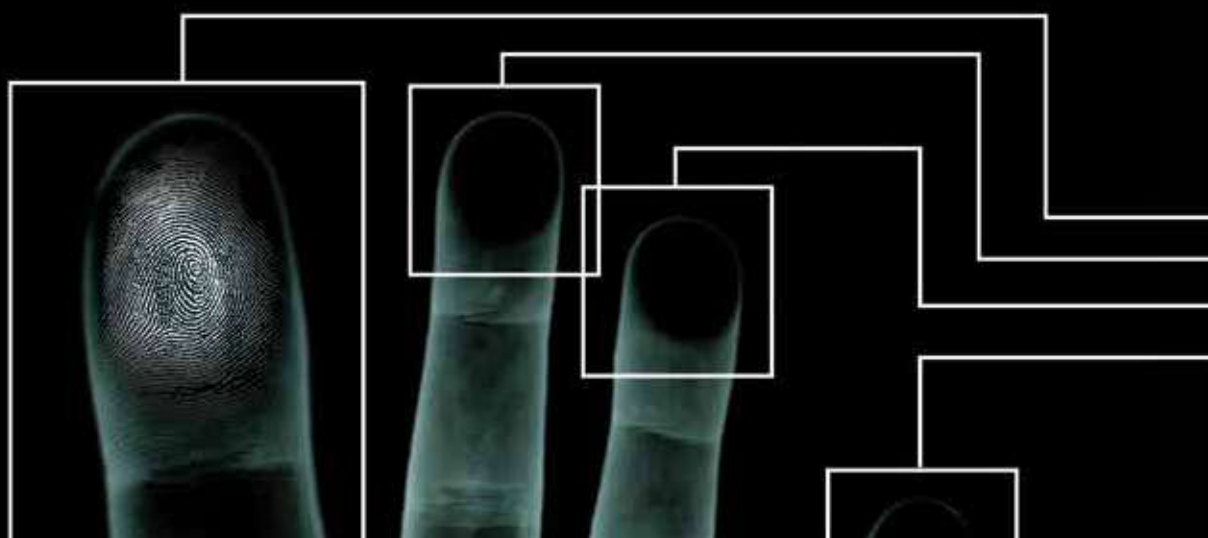
12 1.6 Siglo 20

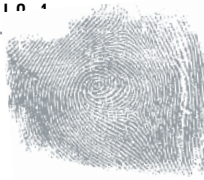
18 1.7 Conclusión

18 1.8 Revisores

18 1.9 Referencias

19 1.10 Información Adicional





CAPÍTULO 1

HISTORIA

JEFFERY G. BARNES

1.1 Introducción

La larga historia de esta ineludible marca de identidad ha sido contada una y otra vez durante muchos años y de muchas maneras. La palma de las manos y las plantas de los pies de cada persona son características prominentes de la piel que le singularizan de todas las demás personas en el mundo. Estas características están presentes en la cresta de fricción de la piel, la cual deja impresiones de sus formas cuando entra en contacto con un objeto. Las impresiones de las últimas articulaciones de los dedos se conocen como las huellas dactilares. El uso de huellas dactilares para identificar a las personas se ha convertido en algo común, y ese papel de identificación es una herramienta invaluable en todo el mundo.

Lo que algunas personas no saben es que el uso de impresiones de las crestas de fricción de la piel como medio de identificación ha existido desde hace miles de años y se ha utilizado en varias culturas. **Las impresiones de la cresta de fricción en la piel se utilizaron 300 AC en China como prueba de identidad de una persona. Quizás como en Japón ya en el año 702 DC, y en los Estados Unidos desde 1902.**

1.2 Historia Antigua

Una loza que se estima tiene 6000 años de antigüedad fue descubierta en un sitio arqueológico al noroeste de China y se encontró que tiene impresiones claramente discernibles de crestas de fricción. **Se considera que estas impresiones de crestas de fricción en piel son las más antiguas encontradas hasta la fecha;** sin embargo, se desconoce si fueron depositadas por accidente o con una intención específica, como para crear patrones o símbolos decorativos (Xiang-Xin y Chun-Ge, 1988, pág. 277). En este mismo período Neolítico, se dejaron crestas de fricción en otros materiales antiguos por parte de los constructores (Ashbaugh, 1999, pág. 12-13). Así como alguien hoy podría dejar impresiones en el cemento,

los primeros constructores dejaron impresiones en la arcilla utilizada para fabricar ladrillos (Berry y Stoney, 2001, pág. 8-9).

Se han encontrado otros artefactos antiguos que tienen modelos de crestas sobre los que habían sido claramente talladas en lugar de ser impresiones accidentales. Ejemplos de artefactos antiguos que muestran lo que podría considerarse como diseños de crestas de fricción incluyen obras de arte megalítico en la tumba de Gavrinis en una isla frente a la costa oeste de Francia y en la tumba de Newgrange, en la costa de Irlanda (Figura 1-1).

1.3 221 AC a 1637 DC

Los chinos son la primera cultura que se conoce por haber utilizado impresiones de crestas de fricción como medio de identificación. El primer ejemplo proviene de un documento chino que se titula “The Volume of Crime Scene Investigation – Burglary”, de la Dinastía Qin (221-206 AC). El documento contiene una descripción de cómo se utilizaron las huellas de las manos como un tipo de evidencia (Xiang-Xin y Chun-Ge, 1988, pág. 283).

Durante los Qin a través de Dinastías Han del Este (221 AC a 220 DC), el ejemplo más frecuente de la individualización mediante crestas de fricción fue el sello de arcilla. Documentos que consisten en trozos o páginas de bambú que se enrollaron

con fijaciones de cuerda, y las cuerdas fueron selladas con arcilla (Xiang-Xin y Chun-Ge, 1988, pág. 277-278). A un lado de la junta estaría impresionado el nombre del autor, por lo general en la forma de sello, y por otro lado la impresión de la huella dactilar del autor. El sello se utilizó para mostrar la autoría y evitar la manipulación previa a que el documento llegara al lector destinado. Generalmente se reconoce que era tanto la huella dactilar como el nombre lo que dio autenticidad al documento.

La impresión de la huella dactilar en el sello de la arcilla es un ejemplo definitivo de la reproducción intencional de crestas de fricción en piel como un medio de individualización. Está claro que los chinos entendieron el valor de las crestas de fricción en piel antes de la era cristiana (Laufer, 1912, pág. 649).

Tras la invención china del papel en el año 105 DC, se hizo común firmar documentos utilizando las crestas de fricción dactilares. Era una práctica habitual en China para colocar una impresión – ya sea las marcas de las palmas o falanges (conjuntas menores del dedo), o las huellas dactilares – en todos los documentos de tipo contrato (Xiang-Xin y Chun-Ge, 1988, pág. 282-284). En el año 650 DC, el historiador chino Kia Kung-Yen describe un medio de identificación o escritura utilizado previamente. “Tablas de madera eran inscritas con los términos del contrato y las muescas se cortaban por los lados en los mismos lugares, de tal forma que las tabletas podían emparejarse después, demostrando su genuinidad; la

FIGURA 1-1

*Una de las piedras de Newgrange
(cortesía de
<http://www.ancient-wisdom.co.uk>)*





importancia de las muescas era la misma que la de las huellas dactilares actualmente” (Ashbaugh, 1999, pág. 17).

Esta declaración se inclina a confirmar que en China las huellas dactilares se utilizaron para individualizar.

El uso de impresiones de piel con crestas de fricción en China continuó en la Dinastía Tang (617-907 DC), como se aprecia en los contratos inmobiliarios, testamentos y listados del ejército. Se puede postular que con los chinos usando las crestas de fricción de la piel para la individualización y el comercio con otras naciones de Asia, estos otros países pudieron haber adoptado la práctica. Por ejemplo, en Japón, una “Ley Interna” promulgada en 702 DC requiere lo siguiente: “En caso de que un esposo no pudiera escribir, le permitían contratar a otro hombre para que escribiera el documento y después del nombre del esposo, firmara con su propio dedo índice” (Ashbaugh, 1999, pág. 17-18; Lambourne, 1984, pág. 24). Esto demuestra al menos la posibilidad de que los japoneses tenían cierta comprensión del valor de las crestas de fricción en la piel para la individualización.

Además, en India hay referencias en cuanto a la nobleza utilizando las crestas de fricción de la piel como firmas:

En el año 1637 DC, las fuerzas conjuntas de Shah Jahan y Adil Khan, bajo el mando de Khan Zaman Bahadur, invadieron el campamento de Shahuji Bhosle, gobernante de Pona (Maharashtra en la actualidad). El ejército conjunto derrotó a Shahuji, quien fue obligado a aceptar los términos de paz:

Ya que la guarnición (de Shahuji) se había reducido a medidas extremas... [.] Shahuji escribía con frecuencia para Khan Bahadur en el más humilde esfuerzo, jurando lealtad a la corona; y al mismo tiempo solicitó un tratado por escrito... estampado con la impresión de la mano. (Sodhi y Kaur, 2003a, pág. 126-136).

El texto anterior es un ejemplo del uso de impresiones de la palma de la mano por parte de la nobleza en India para demostrar la autenticidad de la autoría al escribir un documento importante. **Se cree que el uso de impresiones en documentos importantes fue adoptado de los chinos, donde se utilizaba normalmente mientras que en India era principalmente reservado para la realeza** (Sodhi y Kaur, 2003a, pág. 129-131). El uso de crestas de fricción en piel como firma en China, Japón, India, y posiblemente otras naciones antes de descubrimiento europeo está bien documentado.



FIGURA 1-2

Dr. Nehemiah Grew (1641-1712).
(Cortesía de las Bibliotecas de las Instituciones Smithsonian).



FIGURA 1-3

Dr. Marcello Malpighi (1628-1694).
(Reimpresión de Locy (1908). Imagen obtenida de Google Books).

1.4 Siglos 17 y 18

A finales del siglo 17, los científicos europeos empezaron a publicar sus observaciones acerca de la piel humana. **Las crestas de fricción de la piel fueron descritas por primera vez en detalle por el Dr. Nehemiah Grew** (Figura 1-2) en 1684 con el documento *Philosophical Transactions* of the Royal Society of London. La descripción del Dr. Grew marcó el inicio en el Hemisferio Occidental en las observaciones y caracterizaciones de crestas de fricción en piel (Ashbaugh, 1999, pág. 38; Lambourne, 1984, pág. 25). En 1685, Govard Bidloo, anatomista holandés, publicó *Anatomy of the Human Body*, que incluía detalles de la piel y las crestas papilares del pulgar, pero no abordó la individualización o permanencia (Ashbaugh, 1999, pág. 39; Felsher, 1962, pág. 6-12). En 1687, el fisiólogo italiano Marcello Malpighi (Figura 1-3) publicó *Concerning the External Tactile Organs*, en los que la función, forma y estructura de las crestas de fricción en piel fueron abordadas. **A Malpighi se le atribuye ser el primero en utilizar el microscopio recién inventado para estudios médicos.** En su tratado, Malpighi señaló que la piel surcada aumenta la fricción entre un objeto y la superficie de la piel;

así la cresta de fricción de la piel mejora la tracción para caminar y sujetar (New Scotland Yard, 1990; Ashbaugh, 1999, pág. 40). En reconocimiento al trabajo de Malpighi, una capa de piel (estrato Malpighi) fue nombrada como él.

Aunque las crestas de fricción de la piel habían sido estudiadas durante un número de años, sería 1788 antes de que la singularidad de esta piel fuera reconocida en Europa. J. C. A. Mayer, médico y anatomista alemán, escribió el libro titulado *Anatomical Copper-plates with Appropriate Explanations*, que contenía los planos detallados de los patrones de las crestas de fricción en piel. Mayer escribió: "Aunque la disposición de las crestas de la piel nunca se duplica en dos personas, las similitudes son más cercanas entre algunos individuos. En otros, las diferencias están marcadas, pero a pesar de las peculiaridades de la disposición, todos tienen una cierta semejanza" (Cummins y Midlo, 1943, pág. 12-13). **Mayer fue el primero en escribir que las crestas de fricción de la piel son únicas.**

1.5 Siglo 19

El grabador en madera y ornitólogo inglés Thomas Bewick (1753-1828) publicó muchos libros con grabados en madera

de aves y otros animales. Tres grabados (realizados en 1809, 1818 y 1826) incluían una huella dactilar, y los dos últimos tenían la leyenda "Thomas Bewick, su marca" (Herschel, 1916, 32-33). Los grabados en madera (Figura 1-4) eran muy detallados, pero se desconoce si Bewick entendía el valor de las crestas de fricción en piel para la individualización (Galton, 1892, pág. 26; Lambourne, 1984, pág. 26).

En su tesis de 1823, titulada "Commentary on the Physiological Examination of the Organs of Vision and the Cutaneous System", el Dr. Johannes Purkinje E. (1787-1869), profesor en la Universidad de Breslau en Alemania, clasificó los patrones de huellas dactilares en nueve categorías y dio a cada uno un nombre (Figura 1-5) (Lambourne, 1984, pág. 26; Galton, 1892, pág. 85-88). **Aunque el Dr. Purkinje no fue más allá de nombrar a los patrones, su contribución es importante porque sus nueve tipos de patrones fueron el precursor del sistema de clasificación de Henry** (Herschel, 1916, pág. 34-35; Galton, 1892, pág. 67, 119). (Para más información sobre Purkinje, consulte el Capítulo 5. Para más información sobre el sistema de Henry, vea la página 10.).

El antropólogo alemán Hermann Welcker (1822-1898) de la Universidad de Halle marcó el camino para el estudio de la permanencia de crestas de fricción en la piel. **Welcker**

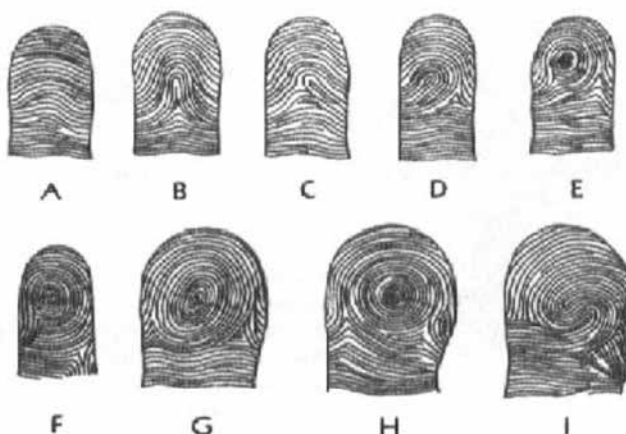
FIGURA 1-4

Huellas dactilares de Bewick publicadas. (Cortesía de la Natural History Society del Museo Northumbria Hancock).



FIGURA 1-5

Los nueve tipos de patrones dactilares de Purkinje. (A: Curvas transversales, B: Estría longitudinal central, C: Estría oblicua, D: Cavidad oblicua, E: Almendra, F: Espiral, G: Elipse o espiral elíptico, H: Círculo o espiral circular, e I: Espiral doble). (Reimpreso con permiso de Cumming and Midlo (1943). Derechos de Autor 1943, Dover Publications Inc.).





comenzó imprimiendo su mano derecha en 1856 y nuevamente en 1897, por lo tanto obtuvo el crédito como la primera persona en iniciar un estudio de permanencia.

Sin embargo, en el artículo que Welcker publicó en 1898, no buscó crédito alguno, más bien parecía que sólo ofrecía asistencia a las reclamaciones previas en relación con la permanencia de las crestas de fricción en la piel (Wilder y Wentworth, 1918, pág. 339-340). Welcker no es citado a menudo. **En general, el crédito por ser la primera persona en estudiar la persistencia de las crestas de fricción de la piel se le otorga a Sir William James Herschel.**

Herschel (Figura 1-6) nació en Inglaterra y se mudó en 1853, a los 20 años, a Bengala, India, para servir como administrador británico para la East India Company. En 1858, experimentó con la idea de utilizar una huella de mano como firma al tener a un hombre llamado Rajyadhar Konai, a quien le pidió poner el sello de su mano derecha en la parte posterior de un contrato de materiales de construcción de carreteras. **El contrato fue recibido y aceptado como válido. Esta impresión espontánea de la mano de Konai dio lugar al primer uso oficial de las crestas de fricción en piel por un europeo.**

El éxito de este experimento llevó a Herschel a iniciar una larga exploración de las crestas de fricción en piel, y al año siguiente juntó múltiples huellas dactilares de familiares, amigos, colegas e incluso de él mismo. En 1860, fue ascendido a magistrado y quedó a cargo de Nuddea, una subdivisión rural en Bengala. Una vez allí, reconoció más posibilidades de identificación para el uso de crestas de fricción en piel, especialmente en la lucha y prevención del fraude.

Tras su nombramiento como Magistrado y Colector en Hooghly, cerca de Calcuta, en 1877, Herschel fue capaz de establecer la grabación de la piel con crestas de fricción como método para individualizar de una forma generalizada. Herschel estaba a cargo de los tribunales penales, las prisiones, el registro de hechos, y el pago de pensiones del gobierno, todos los cuales controlaba con la identificación por medio de huellas dactilares. El 15 de agosto de 1877, Herschel escribió lo que se conoce como la "Carta Hooghly" dirigida al Inspector de Cárceles de Bengala y del Registro General, describiendo sus ideas y sugiriendo que el sistema de huella dactilar se ampliara a otras zonas geográficas. Incluso al proponer usos adicionales de este medio de individualización, la Carta Hooghly también explica tanto la permanencia como la singularidad de las crestas de fricción en la piel (Herschel, 1916, pág. 22-23).

Herschel continuó su estudio sobre la permanencia de las crestas de fricción en piel a lo largo de su vida. Publicó huellas

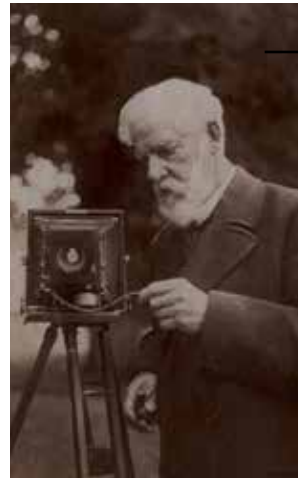


FIGURA 1-6

Sir William James Herschel (1833-1917). (Reimpreso de colección privada (1913). Cortesía de las Bibliotecas de la Universidad de West Virginia).



FIGURA 1-7

Henry Faulds (1843-1930). (Reimpreso de Faulds (1922). Cortesía de las Bibliotecas de la Universidad de West Virginia).

de sí mismo tomadas en 1859, 1877, y 1916 para demostrar dicha permanencia (Herschel, 1916, pág. 22-31).

En 1877, Thomas Taylor (1820-1910), un microscopista del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, dio una conferencia en relación con impresiones y sus posibles aplicaciones en relación con la delincuencia. Taylor propuso la idea de utilizar huellas de sangre encontradas en escenas del crimen como un medio para identificar a los sospechosos. La conferencia fue publicada en la edición de julio de 1877 de *The American Journal of Microscopy and Popular Science* (Ashbaugh, 1999, pág. 26).

Henry Faulds (Figura 1-7) se interesó en las crestas de fricción en la piel después de ver a detalle la cresta en cerámica, la cual fue encontrada en una playa japonesa (Faulds, 1880). Él nació en Beith, en Ayrshire, en 1843, y entró en la Universidad de Anderson en Glasgow, donde se graduó como Licenciado de la Facultad Real de Médicos y Cirujanos en 1871. Faulds, como misionero médico, abrió un hospital de Tsukiji, Japón, y trabajó allí de 1873 a 1885 (Lambourne, 1984, pág. 33). Durante ese tiempo, Faulds dirigió una investigación independiente mediante la recopilación de las impresiones tanto de

monos como de personas. En una carta con fecha del 16 de febrero de 1880, dirigida al famoso naturalista Charles Darwin, Faulds escribió que las crestas de fricción eran únicas y clasificables y aludió a su permanencia (Lambourne, 1984, pág. 34-35). En octubre de 1880, Faulds presentó un artículo para su publicación en la revista *Nature* con el fin de informar a los demás investigadores acerca de sus hallazgos (Faulds, 1880, pág. 605). En ese artículo, Faulds propuso utilizar la individualización de crestas de fricción en las escenas del crimen y dio dos ejemplos prácticos. En un ejemplo, una impresión de grasa en un vaso reveló quién había estado tomando licores destilados. En el otro, las huellas dactilares de hollín en una pared blanca exoneraron a una persona acusada (Faulds, 1880, pág. 605). **Faulds fue el primero en publicar en un periódico el valor de la individualización de las crestas de fricción en la piel, especialmente en su uso como evidencia.** (Para más información sobre Faulds, consulte el Capítulo 5).

Aunque Herschel y Faulds estudiaban las crestas de fricción de la piel, otro científico ideaba un método de identificación alternativo. Alphonse Bertillon (Figura 1-8) era un empleado de la Prefectura de Policía de París, Francia. En 1879, Bertillon comenzó a estudiar las medidas corporales de varios individuos y trazó la antropometría, la cual se empezó a utilizar por primera vez en 1882. La antropometría es el estudio de las medidas del cuerpo con fines de identificación. El método antropométrico de Bertillon medía la altura, alcance (dedo medio a dedo medio con los brazos extendidos), tronco, longitud de la cabeza, ancho de la cabeza, longitud de la oreja derecha,

ancho de la oreja derecha, longitud del pie izquierdo, longitud del dedo medio izquierdo, longitud del meñique izquierdo, y la longitud del antebrazo izquierdo. Con el éxito de la antropometría, Bertillon fue promovido a Jefe del Departamento de Identidad Judicial in 1888 (Rhodes, 1956, pág. 103). (Para más información sobre Bertillon, consulte el Capítulo 5).

La antropometría es una manera científica y biométrica de individualizar, y fue utilizada en los delincuentes en casi todo el mundo desde su introducción en 1882 y hasta 1914. Mientras la identificación con crestas de fricción dactilares se hizo más prevalente tras la experimentación que mostraba su utilidad, se añadieron las huellas dactilares a los registros antropométricos. Por lo tanto, un registro antropométrico completo incluiría 11 medidas del cuerpo, 2 fotografías (cara de frente y lateral derecho), y un conjunto de las 10 huellas dactilares. A pesar de que no se había adoptado oficialmente como único medio de identificación en Francia o en otros lugares de Europa, el concepto de utilizar las crestas de fricción en piel para la individualización fue ganando fuerza.

En los Estados Unidos, el geólogo Gilbert Thompson protegía sus cheques contra la falsificación usando la huella de su dedo como firma. Thompson hizo esto mientras trabaja en un proyecto en Nuevo México en 1882 (Galton, 1892, pág. 27).

En 1883, otro estadounidense, Samuel Langhorne Clemens (1835-1910), mejor conocido como Mark Twain, escribió la historia de su vida en el libro *Life on the Mississippi* e incluyó un pasaje sobre la permanencia y singularidad de la impresión de la bola del pulgar (Twain, 1883, pág. 160-161). En 1884, Clemens escribió la novela *The Tragedy of Pudd'nhead Wilson*. En ella cuenta la historia de un abogado que pasa su tiempo coleccionando impresiones de la gente del pueblo local para luego usarlas al resolver un asesinato. Clemens no sólo explica la permanencia y singularidad de las crestas de fricción en la piel, el libro también cuenta con varias demostraciones en tribunales: la primera muestra cómo las impresiones de cada persona son diferentes en cada dedo, la segunda muestra que incluso los gemelos idénticos tienen huellas diferentes el uno del otro, la tercera muestra cómo las impresiones de los dedos pueden ser individualizadas, y la última atrapa al asesino. La historia se cuenta con conocimiento crítico de las crestas de fricción en piel (Twain, 1884, pág. 128-137). Aunque la antropometría fue el método actual de identificación en la década de 1880, los escritos de Clemens muestran que el valor de las crestas de fricción en la piel para identificar de forma única a un individuo se estaba convirtiendo en algo cada vez más conocido.

FIGURA 1-8

Alphonse Bertillon
(1853-1913). (Reimpreso de
McClaghry (1922).
Cortesía de las Bibliotecas
de la Universidad de
West Virginia).





Una publicación en 1883 del Dr. Arthur Kollmann de Hamburgo, Alemania, *The Tactile Apparatus of the Hand of the Human Races and Apes in Its Development and Structure*, agregó a la investigación llevada a cabo en crestas de fricción. Kollmann estudió el desarrollo embriológico de las crestas de fricción en piel, proponiendo que las crestas se forman por la presión lateral entre crestas nacientes y que las crestas son discernibles en el cuarto mes de vida fetal y están completamente formadas en el sexto (Galton, 1892, pág. 58). **Kollman fue el primero en identificar la presencia y ubicación de las almohadillas palmares de las manos y los pies** (Hale, 1952, pág. 162; Ashbaugh, 1999, pág. 41). (Para una explicación de almohadillas palmares, véase el Capítulo 3). Los estudios de Kollmann fueron seguidos en 1888 con la publicación en Alemania de *On the Morphology of the Tactile Pads of Mammals* por Hermann Klaatsch. Klaatsch estudió las superficies donde caminaban los mamíferos además de las de humanos, lo que llevó a su teoría de que la disposición ordenada de las glándulas sudoríparas en filas era un cambio evolutivo (Galton, 1892, pág. 60).

El estudio científico de las crestas de fricción también fue tomado por un destacado científico de la época, Sir Francis Galton (Figura 1-9). Galton nació el 16 de febrero 1822, en Sparkbrook, Inglaterra, y era primo de Charles Darwin. La mayor parte de las investigaciones de Galton se centró en cuestiones hereditarias, lo que le llevó al estudio de la antropometría y, más tarde a las huellas dactilares. Galton estaba buscando entender la naturaleza hereditaria del cuerpo físico y lo que, en todo caso, podría decir de un individuo (Caplan y Torpey, 2001, pág. 274). Los visitantes a su laboratorio antropométrico se midieron voluntariamente de diecisiete formas diferentes. Estas medidas se registraron en una tarjeta que se copió y se le dio a los visitantes como recuerdo (ca. 1885). De esta información, Galton se dio cuenta que la longitud del antebrazo se correlacionaba con la altura y se derivaba en el primer ejemplo de lo que los estadísticos ahora llaman un coeficiente de correlación (un valor numérico que identifica la fuerza de la relación entre las variables). Galton continuó tomando medidas antropométricas y agregó la impresión de los pulgares y después la impresión de los 10 dedos. **Como el autor del primer libro sobre huellas dactilares (*Huellas Dactilares*, 1892), Galton estableció que las crestas de fricción en piel eran únicas y persistentes.** También llegó a la conclusión de que no existía ninguna relación entre las crestas de fricción de la piel y la naturaleza del individuo con esa piel. Debido a que Galton fue el primero en definir y nombrar minucias específicas de impresión, las minucias se conocían como los detalles Galton (Figura 1-10). Los detalles Galton consisten en una cresta de unión o división (bifurcación), el

**FIGURA 1-9**

Sir Francis Galton (1822-1911). (Reimpreso de Pearson (1914). Cortesía de las Bibliotecas de la Universidad de West Virginia).

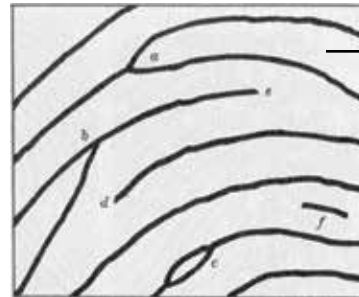
**FIGURA 1-10**

Diagrama de minucias (a y b: bifurcaciones, c: recinto, d y e: crestas finales, y f: isla). (Reimpreso de Galton (1892)).

inicio o fin de una cresta (crestas finales), un isla corta (cresta corta), y un recinto (dos bifurcaciones, una frente a otra) (Galton, 1892, pág. 54). (Para más información sobre Galton, consulte el Capítulo 5).

Mientras Galton realizaba una investigación que haría avanzar la ciencia de las huellas dactilares, las huellas dactilares se utilizaban igualmente. En 1886, I. W. Taber, un fotógrafo en San Francisco, propuso la utilización de huellas dactilares para identificar a inmigrantes chinos (Lambourne, 1984, pág. 46-47). En 1889, el Director General de las Oficinas de Correos en India coleccionaba huellas dactilares de los empleados para evitar que las personas que habían sido despedidas fueran recontratadas. El uso de huellas dactilares para la identidad funcionó bien para evitar prácticas fraudulentas (Henry, 1934, pág. 8-9). El científico médico/legal francés René Forgeot publicó una tesis en 1891 en la que propuso el uso de polvos y productos químicos para desarrollar huellas ocultas en escenas de crimen con el fin de individualizar a la persona que había tocado un objeto (Galton, 1892, pág. 46).

Otro investigador líder en huellas dactilares de aquel periodo era Juan Vucetich. Vucetich estaba empleado como estadístico del Departamento Central de Policía en La Plata, Argentina, hasta su ascenso como jefe de la oficina de Identificación Antropométrica. Vucetich, habiendo estudiado las investigaciones de Galton, empezó a experimentar con huellas dactilares en 1891. Comenzó a registrar las huellas dactilares

de delincuentes y diseñó su propio sistema de clasificación (Lambourne, 1984, pág. 58-59). **El sistema de clasificación e individualización de Vucetich para los internos a través del uso de huellas dactilares fueron los primeros usos prácticos de la ciencia de huellas dactilares por parte de oficiales de la ley.** Otros países pronto miraron hacia el uso de un sistema de huellas dactilares para identificar a los internos. (Para mayor información sobre Vucetich, consulte el Capítulo 5).

En 1892, en Buenos Aires, Argentina, un asesinato se resolvió mediante pruebas de huellas dactilares encontradas en la escena del crimen. Los dos hijos de Francisca Rojas habían sido asesinados y la misma Rojas tenía una herida en la garganta. Ella acusó a un hombre llamado Velásquez del asesinato, diciendo que él estaba celoso porque ella se negó a casarse con él porque ella estaba enamorada de otro hombre. Las autoridades locales golpearon brutalmente a Velásquez con la esperanza de una confesión. Cuando Velásquez no confiesa, traen al Inspector Eduardo Álvarez de La Plata para llevar a cabo una investigación a fondo. El Inspector Álvarez comenzó examinando la escena del crimen y encontró una huella dactilar ensangrentada en la puerta. Después de haber sido entrenado por Juan Vucetich para comparar las huellas dactilares, Álvarez retira la sección de la puerta con la impresión y compara la huella dactilar ensangrentada con las huellas dactilares de Francisca Rojas. Cuando fue confrontada y se le mostró que su propia huella dactilar correspondía a la huella en la puerta, confesó los asesinatos (New Scotland Yard, 1990, pág. 8-9; Beavan, 2001, pág. 114-116). **El caso del asesinato de Rojas se considera como el primer homicidio resuelto por evidencia de huellas dactilares y Argentina se convirtió en el primer país en depender únicamente de las huellas dactilares como método de individualización** (Lambourne, 1984, pág. 58-59).

El Troup Committee, nombrado así por su presidente, Charles Edward Troup, se formó en 1893 para investigar los métodos de identificación actuales y posibles futuros de delincuentes habituales en Inglaterra. Después de una amplia investigación sobre los métodos anteriores de identificación (como fotografías y recuerdos de agentes de policía), así como los nuevos métodos de antropometría y huellas dactilares, el Troup Committee llegó a un compromiso. Dicho Comité, como Sir Francis Galton, reconoció la debilidad inherente en la presentación y recuperación de huellas dactilares. Ambas, la antropometría y las huellas dactilares fueron consideradas métodos eficaces de identificación, pero en aquel momento, las huellas dactilares no tenían un sistema de clasificación adecuado; por lo tanto, el comité se sintió obligado a utilizar ambos sistemas y recomendó que se tomaran y se utilizaran las cinco medidas antropométricas importantes para la clasificación primaria, y que las huellas dactilares se adjuntaran como un componente adicional al sistema de clasificación. Las recomendaciones del comité estuvieron seguidas por Inglaterra y Bengala. En 1894, se midieron y tomaron las huellas dactilares de todos los criminales recién detenidos en esas dos jurisdicciones (Lambourne, 1984, pág. 46-51).

En 1894, Sir Edward Richard Henry (Figura 1-11), Inspector General de Policía de las Provincias Bajas, Bengala, colaboró con Galton en un método de clasificación de las huellas dactilares. Con la ayuda de los agentes de policía de la India Khan Bahadur Azizul Haque y Rai Bahaden Hem Chandra Bose, se desarrolló el sistema de clasificación Henry. Una vez que el sistema de clasificación fue desarrollado y mostró ser eficaz, Henry escribió al gobierno de India pidiendo una revisión comparativa de la antropometría y las huellas dactilares. Charles Strahan, Topógrafo General de la India, y el químico Alexander Pedler fueron enviados a Bengala para reunirse con Henry e investigar los dos métodos de identificación. Hacia finales de marzo de 1897, enviaron un informe al Gobierno de India que declaraba: "En conclusión, somos de la opinión de que el método de identificación mediante huellas dactilares, como funcionó en el sistema de grabación de impresiones y de clasificación utilizados en Bengala, puede ser adoptado de manera segura como superior al método de antropometría - (1) en la sencillez del trabajo; (2) en el costo del aparato; (3) en el hecho de que todo el trabajo calificado se desplaza a una oficina central o de clasificación; (4) en la rapidez con que el proceso puede ser trabajado; y (5) en la certeza de los resultados." (Henry, 1934, pág. 79). Aunque en 1897, el gobierno de India sancionó el uso exclusivo de huellas dactilares como medio de identificación para internos. (Para más información sobre Henry, consulte el Capítulo 5.).

FIGURA 1-11

Sir Edward Richard Henry
(1850-1931).
(Reimpresión de la *Finger
Print Publishing
Association* (1919).
Cortesía de las
Bibliotecas de la Universidad
de West Virginia).





Así como el uso de la piel con crestas de fricción para la individualización fue cada vez más frecuente, la investigación para comprender mejor su evolución y propósito también se estaba desarrollando. **A David Hepburn de la Universidad de Edimburgo, Escocia, se le atribuye ser el primero en reconocer que las crestas de fricción ayudan a sujetar** al aumentar el nivel de fricción entre las crestas y el objeto captado. El documento de Hepburn, "*The Papillary Ridges on the Hands and Feet of Monkeys and Men*", publicado en 1895 (Hepburn, 1895, pág. 525-537), abordó la evolución de las almohadillas en la palma de la mano y nombró a dos almohadillas de la palma: hipotenar y tenar. Como la investigación sobre la forma y función de las crestas de fricción en piel aumentaba, también lo hizo el estudio sobre el uso de las huellas dactilares de manera efectiva como medio de individualización.

Harris Hawthorne Wilder, Profesor de Zoología en la Universidad Smith, estaba estudiando a los primates cuando se sorprendió por el parecido de sus crestas de fricción palmares a las de los humanos. Wilder publicó su primer trabajo en 1897, titulado "*On the Disposition of the Epidermic Folds upon the Palms and Soles of Primates*". Durante las siguientes tres décadas, Wilder continuó investigando sobre la morfología (el estudio biológico de la forma y estructura de los organismos vivos), la metodología de la dermatoglia plantar y palmar (el estudio de las crestas de fricción) (Cummins y Midlo, 1943, pág. 22), la genética y las diferencias raciales. **Wilder fue el primero en sugerir que los centros de perturbación de formaciones de crestas de fricción en primates realmente representan las ubicaciones de las almohadillas palmares.** También desarrolló la hipótesis de una relación entre los patrones de crestas de fricción en primates y las almohadillas palmares.

Un caso penal en Bengala en 1898 es considerado como el primer caso en el que se utilizó la evidencia de huellas dactilares para asegurar una condena (Sodhi y Kaur, 2003b, pág. 1-3):

El gerente de un jardín de té situado en el distrito de Julpaiguri en la frontera de Bután se encontraba acostado en su cama con la garganta cortada, su caja de envíos y caja de seguridad habían sido saqueados, llevándose varios cientos de rupias. Se sugirió que uno de los peones que trabajaban en el jardín había cometido el hecho, ya que el fallecido tenía la reputación de ser muy exigente; o que su cocinero, sobre cuyas ropas había algunas manchas de sangre, podría ser el culpable. Hubo sospechas también

de los familiares de una mujer con la que el hombre asesinado tenía una relación, también de una banda errante de los habitantes de Kabul con tendencias criminales que habían acampado últimamente en el barrio. También se hizo una representación de que el fallecido tenía un enemigo en un ex empleado, a quien le había causado estar encarcelado por robo. Su mensaje, sin embargo, era satisfactorio para la policía y que no había pruebas para incriminar al peón, o a los familiares de la mujer o a los habitantes de Kabul, y se determinó que el ex empleado había sido liberado de la cárcel unas semanas antes, y nadie podía decir que se le había visto en el distrito desde entonces. La declaración del cocinero era que las marcas en su ropa eran manchas de sangre de la paloma que había matado para la cena de su patrón y fue apoyada por el informe del Analista Químico. Afortunadamente, entre los papeles en la caja de envío se encontró un calendario en forma de libro, impreso en caracteres bengalíes, con una cubierta exterior de papel azul claro en donde se notaban dos ligeras manchas marrón. Bajo la lupa, una mancha era descifrable como parte de la impresión de uno de los dedos de la mano derecha de una persona. En la Oficina Central de la Policía de Bengala, las impresiones dactilares de todas las personas condenadas por ciertos delitos las clasifican y registran, y cuando se comparó la impresión en el calendario se encontró que correspondía exactamente con la impresión del pulgar derecho de Kangali Charan, el ex empleado a quien se hace referencia previamente. Él, en consecuencia, fue detenido en Birbhum, un distrito a algunos cientos de kilómetros de distancia, se le trajo a Calcuta, donde se tomó de nuevo la impresión de su pulgar derecho, y la policía, mientras tanto, se dedicó a la recopilación de evidencias de corroboración. El Examinador Químico del Gobierno certificó que las marcas color marrón en el calendario eran sangre de mamíferos, prueba de que el asesino real o algún socio había marcado su pulgar manchado con sangre contra el calendario cuando revolvía los papeles de la caja buscando la llave de la caja fuerte. El acusado fue sentenciado a enfrentar su juicio ante un juez y asesores, acusado de asesinato y robo, y finalmente fue declarado culpable de haber robado la propiedad faltante del difunto, los asesores consideraban que no sería seguro condenarlo por asesinato ya que nadie lo había visto cometer el hecho, pero declararon que el cargo por robo era concluyente en su contra. Esta condena fue confirmada por los jueces de la Suprema Corte, a la cual el caso fue tomado en apelación (Henry, 1934, pág. 57-60).

En diciembre de 1900, el Comité Belper en Inglaterra, presidido por Lord Belper, recomendó que todos los registros de identificación criminal fueran clasificados por el sistema de huellas dactilares (Lambourne, 1984, pág. 64). **Con esta recomendación, el Sistema de Clasificación Henry y la individualización de delincuentes por medio de las huellas dactilares se convirtieron en una práctica habitual en Inglaterra y eventualmente, fueron adoptados en la mayoría de los países de habla inglesa.** Durante esta transición, otros eventos que se llevaron a cabo también demostraron la ventaja de registrar crestas de fricción en piel.

1.6 Siglo 20

El primer juicio en Inglaterra que se basó en evidencia de huellas dactilares involucró al Inspector Charles Stockley Collins, de Scotland Yard. Collins declaró sobre una individualización hecha en un caso de robo. **Ese juicio de 1902 y la condena posterior marcaron el inicio de pruebas de huellas dactilares en los tribunales de Inglaterra** (Lambourne, 1984, pág. 67-68).

En octubre de 1902, Alphonse Bertillon, hizo una individualización en París, Francia, con huellas dactilares:

El 17 de octubre de 1902, él [Bertillon] fue llamado para ayudar en la investigación del asesinato de José Reibel. Un panel de vidrio de un gabinete cercano se había roto, y se descubrieron algunas huellas de sangre en una de las piezas rotas. Estas fueron debidamente fotografiadas y conservadas. Después de determinar que no coincidían con las huellas de la víctima, Bertillon comenzó una búsqueda de sus tarjetas antropométricas, en las que, más tarde ese día había añadido impresiones de huellas dactilares como una cuestión de rutina, además de sus mediciones. Finalmente encontró una tarjeta que contenía impresiones de huellas dactilares que mostraban áreas que coincidían con las huellas tomadas en la escena del crimen. El informe del caso describe el aislamiento de tres puntos de semejanza en la huella dactilar del pulgar, cuatro en el índice y el dedo medio, y las seis de la impresión del dedo anular. El asesino, Henri Leon Scheffer, fue aprehendido y llevado ante la justicia. (Kingston y Kirk, 1965, pág. 62).

Como resultado del caso anterior, a Bertillon se le da crédito por resolver el primer asesinato en Europa haciendo uso de huellas dactilares como única evidencia.

El primer uso sistemático de huellas dactilares en los Estados Unidos fue en 1902 por el Dr. Henry P. de Forest de la Comisión de Administración Pública de Nueva York. De Forest estableció la práctica de tomar las huellas dactilares de los solicitantes de administración pública con el fin de evitar que impostores hicieran las pruebas para la gente que de otra forma no estaba calificada. A los solicitantes se les tomaron las huellas dactilares cuando presentaron sus solicitudes, cuando entregaban cada examen y cuando se presentaron oficialmente a trabajar (de Forest, 1938, pág. 16-20).

En 1903, después de varios meses de tomar las huellas dactilares a criminales tras su liberación, el Capitán James H. Parke del estado de Nueva York desarrolló el Sistema de Clasificación Americano. **El uso del Sistema de Clasificación Americano y la posterior toma de huellas dactilares de todos los criminales en el estado de Nueva York fue el primer uso sistemático de la toma de huellas dactilares para efectos de antecedentes penales en los Estados Unidos** (McGinnis, 1963, pág. 4-5). Aunque el Sistema de Clasificación Americano no obtuvo una gran aceptación en los Estados Unidos, no pasó mucho tiempo antes de que la ciencia de las impresiones dactilares se difundiera a nivel nacional.

Dentro de la historia de las huellas dactilares, hay una famosa historia sobre un incidente que marcó la caída del uso de medidas antropométricas a favor de la toma de huellas dactilares. Un hombre fue arrestado en 1903 y llevado a la prisión de Leavenworth en Kansas. El hombre dijo que su nombre era Will West y que nunca había sido detenido anteriormente. El personal penitenciario tomó las medidas de Bertillon al hombre, al igual que su fotografía, para facilitar una verificación de registros de prisión. Los registros mostraron que un hombre llamado William West, con mediciones antropométricas y un parecido sorprendente al nuevo recluso, ya estaba encarcelado en la prisión de Leavenworth. Los guardias enviados para revisar la celda de William West pudieron haber sospechado de una fuga; en cambio, encontraron a William West dormido en su cama. Después de comparar los registros de los dos hombres, el personal penitenciario no podía distinguir a uno del otro. Fue cuando al tomar y comparar las huellas dactilares de los dos presos, quedó claro que el método de la huella dactilar para la identificación podía distinguir a ambos hombres. (Cole, 2001, pág. 140-146; Chapel, 1941, pág. 11-13).

La historia de William y Will West es un tanto sensacionalista y omite información de antecedentes penales, posteriormente descubiertos por investigadores, pero indica que William y Will West coincidían en los mismos miembros de familia y por



lo tanto estaban probablemente relacionados. Los registros de la prisión también citan que George Frijol, recluso en Leavenworth, informó que conoció a William y Will West en el territorio cerca de su casa antes de entrar a prisión, y que eran hermanos gemelos (Nickell, 1980, pág. 3-9). Su relación exacta aún se desconoce. Lo que es un hecho es que los dos hombres West no eran inusuales; muchas personas tienen mediciones antropométricas similares. Es generalmente aceptado que los gemelos idénticos tendrán las mismas o casi las mismas medidas antropométricas, pero son fácilmente diferenciados por las huellas dactilares. De este modo, la superioridad de las huellas dactilares sobre la antropometría es clara.

En la Feria Mundial de 1904 en Saint Louis, había tres puestos que demostraban los métodos de identificación. Uno de ellos mostraba el método antropométrico y estaba dirigido por Emerson E. Davis, de Nueva York. El Capitán James J. Parke, de Nueva York, y el Inspector John Kenneth Ferrier, de Scotland Yard, cada uno estableció un stand que mostraba el método de identificación por huellas dactilares. El Inspector Ferrier discutía el método de la huella dactilar con muchas personas en la feria, varios de los cuales estaban a cargo de sus propios departamentos de policía en todo los Estados Unidos. También mostró a los visitantes una instancia donde las mediciones antropométricas de dos hombres variaban sólo por un milímetro, y cómo las huellas dactilares eran diferentes (Myers, 1938, pág. 19). Después de la feria, Ferrier permaneció en los Estados Unidos para enseñar sobre huellas dactilares, incluyendo el uso de polvo para desarrollar huellas latentes (Myers, 1938, pág. 19-21). Los estudiantes de Ferrier se dedicaron a enseñar sobre huellas dactilares a las comunidades de policía y militares en todo el resto de los Estados Unidos.

El 19 de octubre de 1904, el inspector Ferrier y el Mayor MW McClaughry comenzaron a tomar las huellas dactilares de todos los internos en Leavenworth, Kansas, una prisión federal. **Estos registros de huellas dactilares se convirtieron en el inicio de la recolección de huellas dactilares por parte del Gobierno de los Estados Unidos** (Myers 1938, pág. 19-20).

En 1904, Inez Whipple publicó el documento "The Ventral Surface of the Mammalian Chiridium". El estudio de Whipple de la palma de mamíferos y las configuraciones únicas formó una parte importante del conocimiento científico moderno sobre el tema y se considera un hito en el campo de la genética y el estudio de las crestas (Ashbaugh, 1999, pág. 43). Su tratado fue sobre la evolución de las crestas de fricción en la piel y

su desarrollo a la par de la evolución humana. Whipple teorizó que los mamíferos perdían el pelo en la superficie de las palmas, las cuales evolucionaron en crestas de acuerdo con la necesidad de fricción para facilitar la locomoción y sujetar objetos. Ella dio la ubicación de las almohadillas palmares y explicó las posibles fuerzas que afectan el crecimiento de la cresta. (Whipple, 1904, pág. 261-368). Whipple, quien se convirtió en Inez Wilder después del matrimonio, fue sin duda influenciada por su colega y esposo, Harris Hawthorne Wilder (ver pág. 16).

En 1905, el inspector Charles S. Collins, de Scotland Yard, declaró acerca de la individualización de huellas dactilares de un sospechoso en una caja registradora. El caso implicaba el asesinato de un hombre y su esposa. Dos hermanos, Alfred y Albert Stratton, fueron los acusados. Collins explicó al jurado la clasificación de las huellas dactilares y cómo llevar a cabo una individualización. Entonces, mostró las características que había marcado en una gráfica como ejemplo, encajaban con el pulgar derecho de Alfred Stratton. Collins afirmó que en todos sus años de experiencia, nunca había encontrado dos grabados que tuvieran más de tres características en común. En este caso, había 11 características en común. Complementando las declaraciones de testigos presenciales, la individualización de la impresión del pulgar derecho de Alfred Stratton fue la pieza más fuerte de evidencia en el caso. Se encontró a ambos hermanos culpables de los asesinatos y fueron condenados a muerte. Este caso se conoce como el Juicio por Asesinato Deptford, en referencia a la dirección del crimen, **y fue el primer juicio por asesinato en Inglaterra en el que se utilizaron las huellas dactilares como prueba.**

También en 1905, en el caso del *Emperador v Abdul Hamid*, un tribunal en India decidió que ningún experto estaba obligado a dar testimonio de la individualización de huellas, y una corte de apelaciones estuvo de acuerdo. Ellos creían que los participantes en el tribunal podrían fácilmente hacer una comparación como cualquier otra persona, y que un experto no era necesario (Cole, 2001, pág. 170). Otros tribunales después estarían en desacuerdo con la posición de que no se requería de expertos para individualizar las huellas dactilares.

El sospechoso de asesinato Thomas Jennings fue condenado en 1910 tras el testimonio de cuatro expertos que individualizaron las huellas dactilares de Jennings de un barandal en un cobertizo de la escena del crimen. Los expertos eran Michael P. Evans, Jefe de la Oficina de Identi-

ficación del Departamento de Policía de Chicago; William M. Evans, previamente de la Dirección General de Identificación del Departamento de Policía de Chicago; Edward Foster, un Inspector de Policía del Dominio en Ottawa, Canadá; **Mary Holland, capacitadora del personal de la Marina* y la primera mujer instructora estadounidense sobre huellas dactilares.** Los cuatro testigos declararon que las huellas dactilares en el barandal fueron hechas por Jennings. Otra evidencia también incriminaba al acusado, como la proximidad de Jennings a la escena del crimen, 13 minutos después del asesinato mientras llevaba una pistola recientemente disparada que contenía cartuchos similares a los encontrados

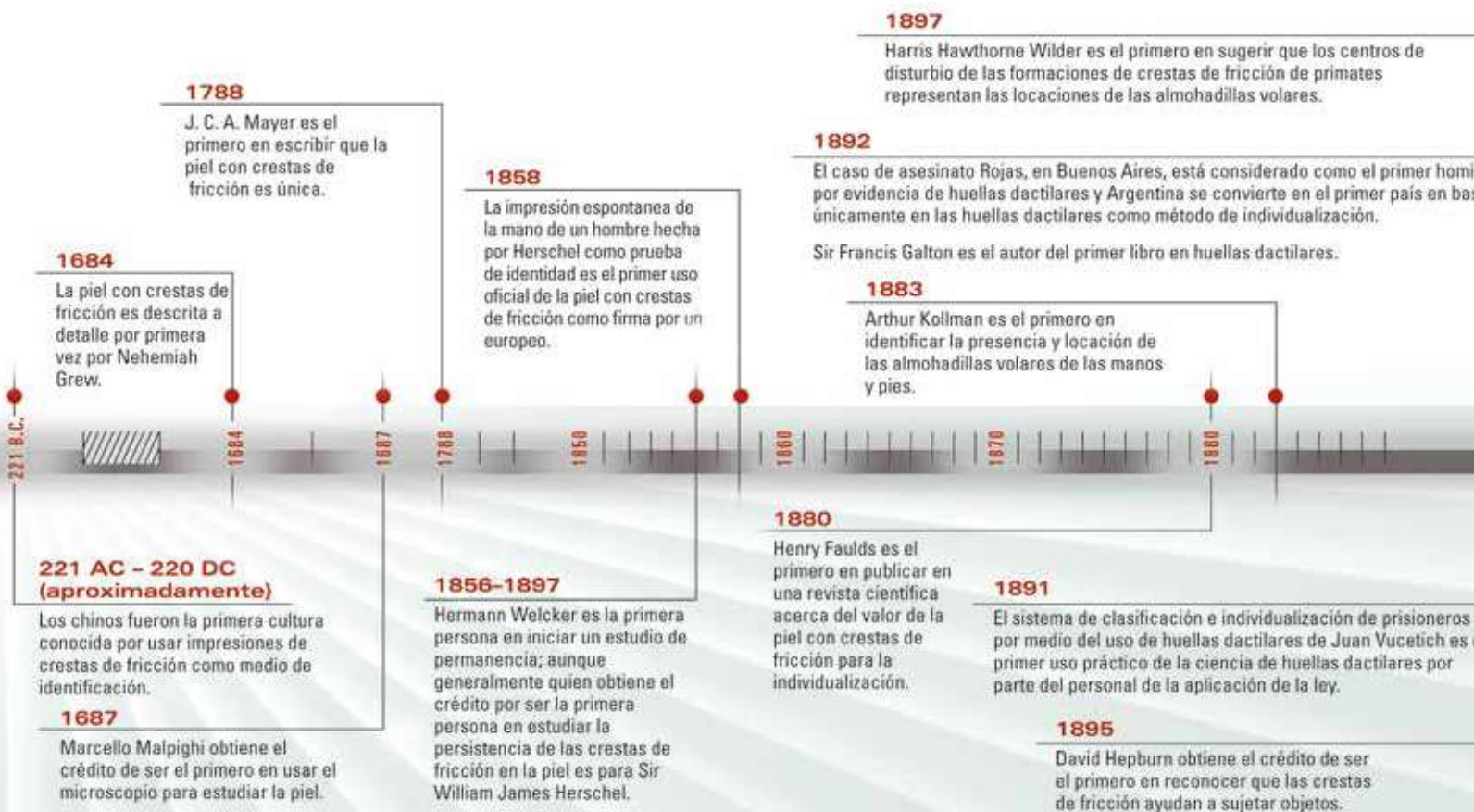
en la escena del crimen.

La defensa apeló el caso, alegando que las pruebas de huellas dactilares habían sido admitidas indebidamente y que no era necesario el uso de un examinador de huellas dactilares como testigo experto. El dictamen emitido por el Tribunal de Apelación de Illinois confirmaba la convicción de incluir lo siguiente:

Estamos dispuestos a sostenernos de la evidencia de los cuatro testigos que declararon y de los escritos a los que nos hemos referido en este tema, acerca de que hay una base científica para el sistema de identificación de huellas

*In 1907, the Navy adopted the practice of fingerprinting of applicants (Myers, 1938, p 15).

UNA CRONOLOGÍA DE PRIMEROS LOGROS EN DACTILOSCOPIA



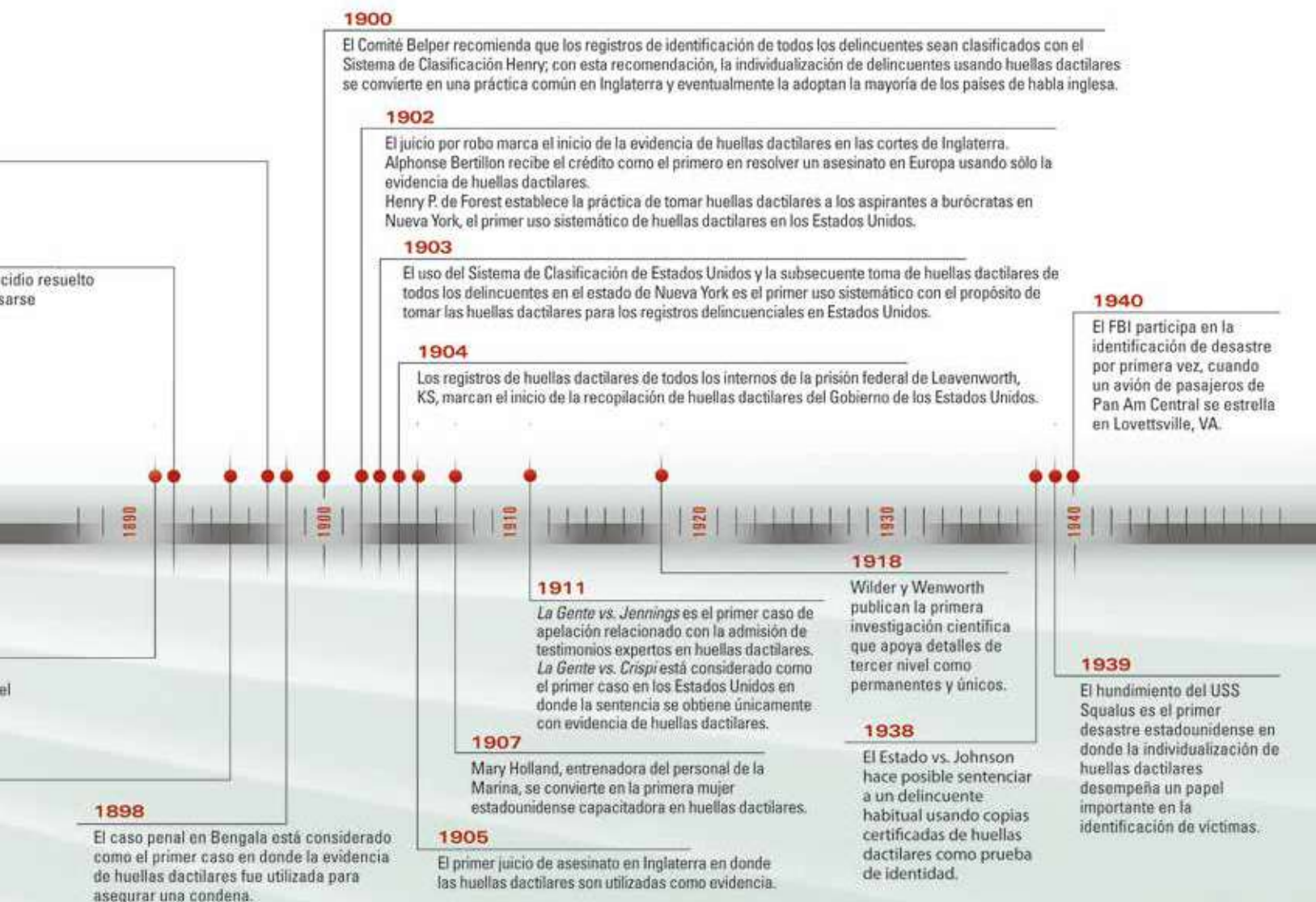


dactilares y que los tribunales se justifican en la admisión de esta clase de evidencia; que este método de identificación es de uso general y común que los tribunales no pueden negarse a tomar conocimiento judicial de la misma.

A partir de la evidencia en este registro estamos dispuestos a sostener que la clasificación de las impresiones de huellas dactilares y su método de identificación es una ciencia que requiere de estudio. Si bien algunas de las razones que guían a un experto a sus conclusiones son tales que puedan ser sopesadas por cualquier persona inteligente, con buena vista de tales exposiciones como las que tenemos aquí en el expediente, tras ser

nombrado como una persona versada en el estudio de las impresiones dactilares, las pruebas en cuestión no entran dentro de la experiencia cotidiana de todos los hombres con educación común en los ámbitos de la vida ordinaria, y por lo tanto la corte y al jurado fueron ayudados adecuadamente por los testigos de experiencia peculiar y especial sobre este tema. [*La Gente vs. Jennings* 1911, pag. 9-10].

Después de ser confirmado en apelación, ***La Gente vs. Jennings* se convirtió en un caso legal parteaguas porque fue el primer caso de apelación estadounidense con respecto a la admisibilidad del testimonio experto en huellas dactilares.**



tilares. El tribunal de apelación concluyó que la identificación de huellas dactilares es una ciencia y que el testimonio de expertos era apropiado para ayudar a miembros de la corte a comprender la evidencia de huellas dactilares.

En 1911, el Teniente Joseph Faurot, un experto en huellas dactilares del Departamento de Policía de Nueva York dio su testimonio en un caso de robo. Él individualizó las huellas dactilares del acusado Charles Crispi en un panel de vidrio retirado de una puerta en la entrada a la escena del crimen. En una demostración en la corte, Faurot tomó las impresiones entintadas de los 12 miembros del jurado y demás personal del tribunal para luego salir de la habitación.

El ayudante de Faurot hizo que un miembro del jurado hiciera una impresión en una hoja de vidrio para simular las condiciones del robo. Faurot regresó a la sala del tribunal, desarrolló la huella dejada en el vidrio, e identificó la impresión del miembro del jurado. A continuación, Faurot le dio a cada miembro del jurado un conjunto de gráficos que muestran características en común entre las conocidas impresiones de Crispi y la huella dejada en el pedazo de vidrio en la escena del robo. Cada miembro del jurado fue capaz de comparar las impresiones junto con Faurot. Las muestras fueron tan impresionantes que el acusado cambió su declaración a culpable.

La Gente vs. Crispi (1911) se considera como la primera sentencia obtenida sólo con evidencia de huellas dactilares en los Estados Unidos (a pesar del cambio de la sala de audiencias en la demanda) (Cole, 2001, pág. 181-185; Wilder and Wentworth, 1918, pág. 283-284).

En 1914, el Dr. Edmond Locard publicó "The Legal Evidence by the Fingerprints". Locard fue Director del Laboratorio de la Policía en Lyon, Francia, y fue alumno de Alphonse Bertillon. El artículo de Locard de 1914, y otros publicados poco después, explicaba la teoría del estudio de los poros y cómo el uso de los poros podría complementar una comparación de huellas dactilares prestando información de apoyo. El estudio del Dr. Locard acerca de los poros de sudor en las crestas de fricción de la piel es un ejemplo más del personal de las fuerzas del orden que realizan investigación en la ciencia de huellas dactilares (Locard, 1914, pág. 321).

En 1918, Harris Hawthorne Wilder y Bert Wentworth (Comisionado de la Policía de Dover, NH) colaboraron para publicar *Personal Identification: Methods for the Identification of Individuals, Living or Dead*, que ejemplifica cómo, a través del esfuerzo conjunto, los campos de la ciencia y la aplicación de la ley podrían funcionar juntos.

En su libro, Wilder y Wentworth declaran, "Los patrones de la piel de fricción son individuales, y, en conjunto, son imposibles de duplicarse en otro individuo. Las crestas separadas, también, muestran numerosos detalles, que son también tan individuales que incluso una pequeña área de la piel de fricción, tomada en la porción con menos rasgos distintivos, no puede ser igualada a ningún otro pedazo" (Wilder y Wentworth, 1918, pág. 134). **Esta fue la primera investigación científica que apoya el tercer nivel de detalle tan permanente y único.**

Debido al uso de crestas de fricción en piel como medio de identificación, las cárceles de los Estados Unidos adquirieron grandes recopilaciones de huellas dactilares. Las colecciones de Leavenworth y los archivos de la Oficina de Identificación Criminal de la Policía Nacional se combinaron (810,188 registros) el 1º de julio de 1924, estableciendo la División de Identificación en la Oficina de Investigaciones del Departamento de Justicia de los Estados Unidos. La División de Identificación fue puesta a cargo de un joven asistente del director de la Oficina llamado John Edgar Hoover (Cole, 2001, pág. 238, 245; Myers, 1938, pág. 8). Finalmente, la Oficina de Investigaciones se convertiría en la Oficina Federal de Investigaciones (FBI), dirigida por J. Edgar Hoover durante muchos años.

En abril de 1939, la Corte Suprema del Estado de Washington confirmó la decisión de la Corte Superior del Condado de King al condenar un delincuente habitual. **Este fue un paso importante, ya que la decisión del caso (Estado vs. Johnson, 1938) hizo posible que se condenara a un delincuente habitual utilizando copias certificadas de las huellas dactilares como prueba de identidad, en lugar de exigir a los funcionarios de otros lugares dar testimonio de las condenas anteriores para establecer al individuo como delincuente habitual** (Myers, 1942, pág. 16).

La individualización de huellas dactilares también se ha utilizado en asuntos no penales, tales como la identificación de las víctimas de desastre. **El primer desastre de Estados Unidos en el que la individualización de huellas dactilares desempeñó un papel importante fue cuando el USS Squalus se hundió el 23 de mayo de 1939.** El submarino se hundió primero por la popa hasta el fondo del océano en 240 pies de agua. James Herbert Taylor, Superintendente de la División de Identificación, Marina de Estados Unidos, llevó a cabo la operación de identificación. Todos los cuerpos fueron identificados por medio de huellas dactilares (Myers, 1942, pág. 18).



En 1940, un tribunal de Hamilton, TX, declaró al método de identificación de huellas dactilares como válido. Newton Grice fue declarado culpable de allanamiento con base en su huella dactilar en un panel de vidrio retirado de una puerta. Grice apeló la condena por considerar que las pruebas de huellas dactilares eran insuficientes para demostrar que él había estado en el lugar y había tocado el objeto en cuestión. El juez de apelación, Thomas Beauchamp, proclamó que ya que se habían tomado miles de impresiones, clasificadas, y presentadas en los Estados Unidos, y que ninguna era igual a otra, había pruebas suficientes de que las huellas dactilares son únicas. El juez dijo a los abogados defensores que debían tomarse el tiempo para encontrar impresiones que realmente fueran comunes en dos individuos diferentes en lugar de simplemente argumentar que era posible. El Juez Beauchamp confirmó la condena y declaró que sentía que las huellas dactilares eran únicas, y colocó el peso de la evidencia en la defensa para demostrar que las huellas dactilares no eran únicas (Myers, 1942, pág. 22-23).

También en 1940, el FBI participó en la identificación de desastres por primera vez cuando un avión de Pan Am Central se estrella en Lovettsville, VA, con un agente del FBI y un taquígrafo del FBI a bordo. Los miembros de la Sección Única de Huellas Dactilares de la División de Identificación del FBI fueron enviados a identificar los cuerpos de los empleados del FBI. Especialistas en huellas dactilares del FBI ayudaron a identificar los cuerpos de las 25 víctimas del accidente. Éste fue el comienzo de la Unidad de Desastres del FBI, que todavía responde a los desastres hoy en día.

Varios años más tarde, el Dr. Harold Cummins (1893-1976) de la Universidad de Tulane en Nueva Orleans, LA, llevó a cabo una gran cantidad de investigaciones sobre las crestas de fricción dactilares. Mediante la examinación de fetos en las distintas etapas del crecimiento y salud, Cummins hizo muchas contribuciones a la comprensión moderna de las crestas de fricción en piel. El libro de Cummins *Fingerprints, Palms, and Soles – An Introduction to Dermatoglyphics* (publicado en 1943 con su coautor Charles Midlo) describe la formación y desarrollo de almohadillas volares en el feto humano. Cummins toma nota de que la regresión de las almohadillas volares sucede casi simultáneamente con el inicio del desarrollo de crestas de fricción; que el tamaño, la ubicación, el crecimiento, y la configuración de la almohadilla volar afecta los patrones de crestas de fricción; y que los defectos de nacimiento o las enfermedades tienen un efecto sobre el

crecimiento de las almohadillas volares (Cummins y Midlo, 1943, pág. 178-186).

En 1952, el Dr. Alfred R. Hale, también de la Universidad de Tulane, publicó una tesis titulada “Morphogenesis of Volar Skin in the Human Fetus”. Mediante el estudio de secciones transversales de la piel fetal, Hale fue capaz de describir la formación de crestas de fricción durante el desarrollo fetal y el crecimiento diferencial de las crestas de fricción, que es la premisa mayor de identificación de las crestas de fricción (Ashbaugh, 1999, pág. 53).

Salil Kumar Chatterjee (1905-1988) de Calcuta, India, publicó el libro *Finger, Palm, and Sole Prints* en 1953, pero Chatterjee es mejor conocido por su artículo “Edgeoscopy” de 1962 (Chatterjee, 1962, pág. 3-13), en el que describió su teoría del uso de formas específicas de bordes encrestados para complementar la individualización de huellas dactilares. Definió formas de crestas incluyendo la recta, convexa, pico, mesa, bolsillo, cóncava, y el ángulo. Chatterjee creía que estas formas de borde podrían ser utilizados para ayudar al hacer individualizaciones (Ashbaugh, 1999, pág. 160). (Para más información sobre Chatterjee, consulte el Capítulo 5).

En 1976, el Dr. Michio Okajima de Japón publicó el documento “Dermal and Epidermal Structures of the Volar Skin”. La contribución principal de su trabajo es el estudio de las crestas incipientes, que aparecen como crestas más pequeñas en las impresiones de crestas de fricción (Ashbaugh, 1999, pág. 58).

En 1984, Brigitte Lacroix, Marie-Joséphine Wolff-Quenot, y Katy Haffen de Estrasburgo, Francia, publicaron “Early Human Hand Morphology: An Estimation of Fetal Age”. El documento analiza las tres fases del desarrollo de la mano (Ashbaugh, 1999, pág. 58-59).

El Dr. William Babler de la Universidad de Marquette en Milwaukee, WI, publicó “Embryological Development of Epidermal Ridges and Their Configurations” en 1991. Ese documento revisa el trabajo previo de otros científicos y la investigación Babler llevada a cabo con respecto a la “relación prenatal entre la dimensión de la cresta epidérmica y la dimensión del hueso de la mano” (Babler, 1991, pág. 106).

1.7 Conclusión

El estudio, investigación y experimentación han dirigido y

apoyado las huellas dactilares como medio de individualización y una herramienta forense de valor incalculable. La investigación y el conocimiento práctico acumulado a lo largo de muchos siglos apoyan muy bien a la ciencia.

Mientras el tiempo avanza y la gente continúa estudiando cualquier ciencia, dicha ciencia crece y se entiende mejor. Nadie lo ha dicho que mejor que Johann Wolfgang von Goethe: “La historia de la ciencia es la ciencia misma” (Kline, 1980, pág.7).

1.8 Revisores

Los revisores que analizaron este capítulo fueron Debbie Benningfield, Mike Campbell, Christine L. Craig, Laura A. Hutchins, Ginger A. Kobliska, William F. Leo, Bridget Lewis, Charles Richardson, Michelle L. Snyder, y Juliet H. Wood.

1.9 Referencias

Ashbaugh, D. R. *Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.

Babler, W. J. Embryologic Development of Epidermal Ridges and Their Configurations. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; Plato, C., Garruto, R. M., Schaumann, B. A., Eds.; Birth Defects: Original Article Series; March of Dimes: New York, 1991; pág. 95–112.

Beavan, C. *Fingerprints: The Origins of Crime Detection and the Murder Case That Launched Forensic Science*; Hyperion: New York, 2001.

Berry, J.; Stoney, D. A. History and Development of Fingerprinting. In *Advances in Fingerprint Technology*, 2nd ed.; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2001; pág. 1–40.

Caplan, J., Torpey, J. Eds. *Documenting Individual Identity: The Development of State Practices in the Modern World*; Princeton University Press: Princeton, NJ, 2001.

Chapel, C. E. *Fingerprinting: A Manual of Identification*; Coward McCann: New York, 1941.

Chatterjee, S. K. Edgeoscopy. *Finger Print and Ident. Mag.* 1962, 44 (3), 3–13.

Cole, S. A. *Suspect Identities: A History of Fingerprinting and Criminal Identification*; Harvard University Press: Cambridge, MA, 2001.

Cummins, H.; Midlo, C. *Finger Prints, Palms and Soles: An Introduction to Dermatoglyphics*; Dover: New York, 1943.

de Forest, H. P. The First Finger-Print File in the United States. *Finger Print and Ident. Mag.* 1938, 19, 16–20.

Faulds, H. On the Skin—Furrows of the Hand. *Nature* 1880, 22, 605.

Faulds, H. A Manual of Practical Dactylography. London: The “Police Review” Publishing Co., Ltd., 1922.

Felsher, I. M. A Quick Look at Dermatoglyphics. *Ident. News* 1962, 12 (7), 6–12.

Finger Print Publishing Association. *Finger Print Magazine* 1919, 1 (1), cover photo.

Galton, F. *Finger Prints*; MacMillan: New York, 1892.

Hale, A. Morphogenesis of Volar Skin in the Human Fetus. *Am. J. Anat.* 1952, 91 (1), 147–173.

Henry, E. R. *Classification and Uses of Fingerprints*, 7th ed.; H. M. Stationery Office: London, 1934.

Hepburn, D. The Papillary Ridges on the Hands and Feet of Monkeys and Men. *Scientific Transactions of the Royal Dublin Society* 1895, 5 (2), 525–537.

Herschel, W. J. *The Origin of Finger-Printing*; Oxford University Press: London, 1916.

Kingston, C. R.; Kirk, P.L. Historical Development and Evaluation of the “12 Point Rule” in Fingerprint Identification. *Int. Crim. Police Rev.* 1965, 20 (186), 62–69.

Kline, M. *Mathematics: The Loss of Certainty*; Oxford University Press: New York, 1980.

Lambourne, G. *The Fingerprint Story*; Harrap: London, 1984.

Laufer, B. *History of the Finger-Print System*; Smithsonian Institution: Washington, DC, 1912.

Locard, E. La Preuve Judiciaire par les Empreintes Digitales (The Legal Evidence by the Fingerprints). *De Médecine Légale et de Psychologie Normale et Pathologique (Of Forensic Medicine and of Normal and Pathological Psychology)* 1914, 29, 321.

Locy, W. A. *Biology and its Makers*; Henry Holt and Co.: New York, 1908; pág. 204.



McClaghry, M. W. History of the Introduction of the Bertillon System Into the United States. *Finger Print Magazine* 1922, 3 (10), 4.

McGinnis, P. D. *American System of Fingerprint Classification*; New York State Department of Correction, Division of Identification: New York, 1963.

Myers, H. J. II. The First Complete and Authentic History of Identification in the United States. *Finger Print and Ident. Mag.* 1938, 20 (4), 3–31.

Myers, H. J. II. Supplemental History of Identification in the United States. *Finger Print and Ident. Mag.* 1942, 25 (6), 3–28.

New Scotland Yard. *Fingerprint History: A Synopsis of the Development of the System of Fingerprint Identification with Particular Reference to New Scotland Yard*; Metropolitan Police, New Scotland Yard: London, 1990.

Nickell, J. The Two Will Wests—A New Verdict. *J. Police Sci. and Admin.* 1980, 8 (4), 406–413.

Pearson, K. *The Life, Letters and Labours of Francis Galton, Volume I: Birth 1822 to Marriage 1853*. London: Cambridge University Press, 1914.

People v Jennings (State of Illinois v Jennings), 252 Ill. 534, 96 N.E. 1077 (1911).

Rhodes, H. *Alphonse Bertillon: Father of Scientific Detection*; Abelard-Schuman: London, 1956.

Sodhi, G. S.; Kaur, J. Indian Civilization and the Science of Fingerprinting. *Indian J. of Traditional Knowledge* 2003a, 2 (2), 126–136.

Sodhi, G. S.; Kaur, J. World's First Conviction on Fingerprint Identification. *National Crime Records Bureau Gazette* 2003b,

15 (2), 1–3.

State v Johnson (State of Washington v Johnson), 194 Wash. 438, 78 P.2d 561 (1938).

Twain, M. *Life on the Mississippi*; James R. Osgood & Co.: Boston, 1883. (U.S. edition).

Twain, M. *The Tragedy of Pudd'nhead Wilson*; C.L. Webster: New York, 1884.

Whipple, I. L. The Ventral Surface of the Mammalian Chiridium. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie (Journal of Morphology and Anthropology)* 1904, 7, 261–368.

Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; The Gorham Press: Boston, 1918.

Xiang-Xin, Z.; Chun-Ge, L. The Historical Application of Hand Prints in Chinese Litigation. *J. Forensic Ident.* 1988, 38 (6), 277–284.

1.10 Información Adicional

Åström, P.; Eriksson, S. A. Fingerprints and Archaeology. In *Studies in Mediterranean Archaeology*; Paul Åströms förlag: Göteborg, Sweden, 1980.

Cole, S. A. Grandfathering Evidence: Fingerprint Admissibility Rulings from Jennings to Llera Plaza and Back Again. *Am. Crim. L. Rev.* 2004, 41 (3), 1189–1276.

Kevles, D. J. *In the Name of Eugenics, Genetics and the Uses of Human Heredity*; Knopf: New York, 1985.

CAPÍTULO



ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA CRESTA DE FRICCIÓN EN LA PIEL ADULTA

ALICE V. MACEO

CONTENIDO

3 2.1 Introducción

3 2.2 Anatomía

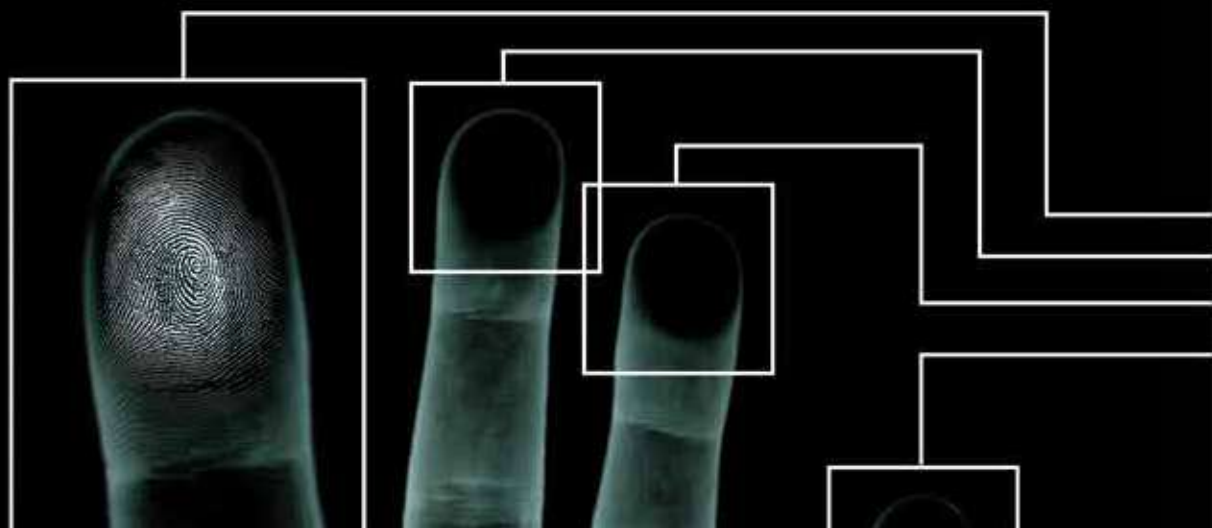
14 2.3 Fisiología

16 2.4 Persistencia de la Cresta de
Fricción en Piel

25 2.5 Conclusión

25 2.6 Revisores

25 2.7 Referencias





CAPÍTULO 2

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA CRESTA DE FRICCIÓN EN LA PIEL ADULTA

ALICE V. MACEO

2.1 Introducción

La anatomía y fisiología de la cresta de fricción en la piel constituye la base para muchos elementos críticos que subyacen en el proceso de revisión. La anatomía y fisiología explican cómo persisten las características de la piel, cómo envejecen las características de la piel, cómo responde la piel a las heridas y por qué las cicatrices que se forman son únicas. Otro elemento que se explica por medio de la estructura de la piel es la mecánica del tacto. Entender cómo la cresta de fricción en la piel reacciona cuando contacta una superficie, puede proveer ayuda valiosa durante la revisión de las impresiones de la cresta de fricción.

2.2 Anatomía

2.2.1 Morfología Externa de la Cresta de Fricción en la Piel

La morfología externa de la cresta de fricción en la piel es un reflejo directo de su función. Las crestas y los poros sudoríparos permiten que las manos y los pies se sujeten a las superficies firmemente y los pliegues permiten que la piel se flexione. Las crestas, pliegues y cicatrices maduras de la cresta de fricción en la piel son características morfológicas durables.

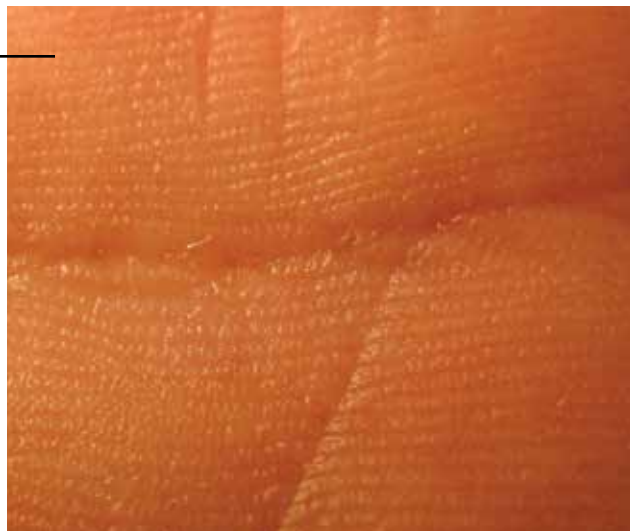
Las verrugas, arrugas, ampollas, cortes y callos también pueden aparecer en la cresta de fricción de la piel y son con frecuencia características morfológicas transitorias. La anatomía y la fisiología de una característica determinan si ésta es duradera o transitoria por naturaleza. La Figura 2-1 es una imagen de una palma de la mano izquierda que muestra la morfología normal de la cresta de fricción en la piel.

2.2.2 Anatomía General de la Piel

La piel es un órgano compuesto de tres capas anatómicas: epidermis, dermis e hipodermis. Estas capas anatómicas juntas funcionan para proveer al cuerpo de una barrera

FIGURA 2-1

Cresta de fricción en la piel de la palma izquierda.



protectora, regular la temperatura corporal, sensación, excreción, inmunidad, reserva sanguínea y síntesis de vitamina D (Tortora and Grabowski, 1993, pág.127).

La capa externa de la piel es la epidermis. La epidermis previene la pérdida de agua a través de la evaporación, actúa como un órgano receptor y provee una barrera protectora para los tejidos subyacentes. Los melanocitos, las células que producen el pigmento de la epidermis, desempeñan un papel clave en la barrera protectora. La pigmentación producida por los melanocitos protege al ADN de los queratinocitos (el tipo de célula primaria de la epidermis) de los dañinos rayos del sol. Adicionalmente, los melanocitos son responsables de la síntesis de la vitamina D (Freinkel y Woodley, 2001, pág.120).

La dermis es una capa de tejido conector que soporta la epidermis. Es una red de células, fibras, vasos sanguíneos y material gelatinoso que provee de apoyo estructural y nutriente a la epidermis. La dermis actúa como reserva sanguínea y participa en la recepción sensorial y la regulación de la temperatura.

La hipodermis se encuentra bajo la dermis y es un tejido conector suelto que contiene un panel de células adiposas (grasa) que contorna el cuerpo y actúa como una reserva de energía. Las fibras enlazan la epidermis a la dermis y la dermis a la hipodermis.

El único apéndice de la cresta de fricción en la piel es la glándula sudorípara ecrina. Aunque las glándulas sudoríparas se encuentran distribuidas en casi toda la superficie de la piel, la cresta de fricción de la piel tiene la concentración más alta de glándulas ecrinas, de 2500 a 3000 por cada 2.5 cm² (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 49). Las glándulas sudoríparas de la cresta

de fricción en la piel también son las más grandes en el cuerpo. Las glándulas sudoríparas ecrinas participan en la regulación de la temperatura al secretar el sudor y ayudar en la excreción del desecho metabólico (por ejemplo, la urea) (Junqueira y Carneiro, 2003, pág.369).

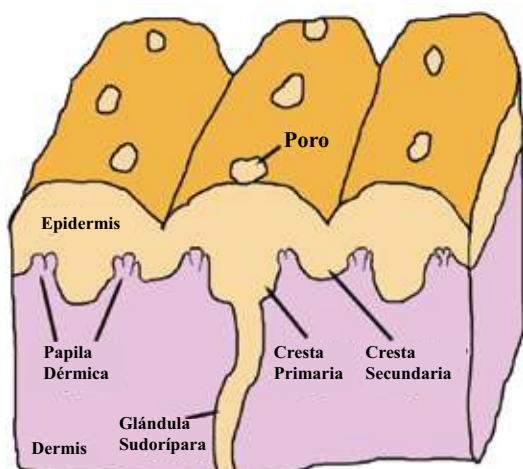
2.2.3 Estructura de la Cresta de Fricción en la Piel

Las crestas y surcos en la superficie de la cresta de fricción en la piel se encuentran familiarmente enraizadas en la dermis mediante las crestas primarias (crestas bajo la superficie) y las crestas secundarias (bajo los surcos). La figura 2-2 ilustra la estructura de la cresta de fricción en la piel. Las crestas primarias y secundarias se encuentran interconectadas con la dermis para proporcionarle apoyo y fuerza a la cresta de fricción en la piel. Adicionalmente, las glándulas sudoríparas se extienden desde las crestas primarias y están ancladas en la dermis o en la hipodermis.

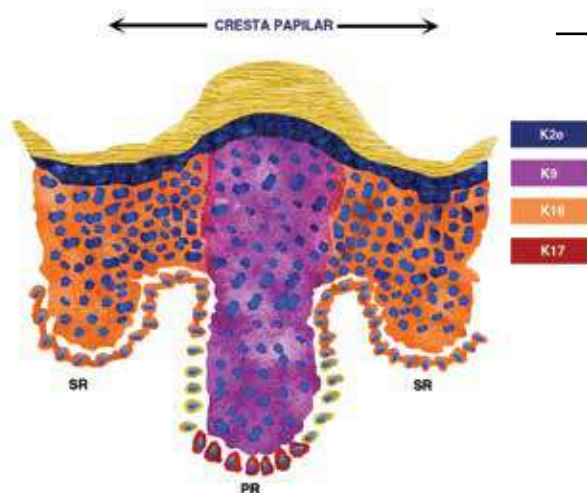
2.2.4 Epidermis

La epidermis se describe como un "epitelio estratificado, continuamente renovante que exhibe la diferenciación progresiva (queratinización, cornificación) de una dirección basal a una superficial" (Freinkel y Woodley, 2001, pág.19). En otras palabras, la epidermis es un tejido en capas que debe reemplazar continuamente a las células que dejan la superficie. Las nuevas células se generan en la capa basal y son empujadas hacia la superficie. Mientras las células se mueven hacia la superficie, pasan por cambios secuenciales en su composición química.

La epidermis se compone de muchos tipos diferentes de células: queratinocitos, melanocitos, células de Langerhans

**FIGURA 2-2**

Estructura de la cresta de fricción en la piel. (Nombres de las partes en sentido con las manecillas del reloj).

**FIGURA 2-3**

Distribución de la queratina en las crestas primarias (PR) y secundarias (SR). La queratina K9 está predominantemente expresada en la capa supra basal y el estrato espinoso de las crestas primarias. La queratina K17 se expresa en clústeres en la capa basal de las crestas primarias. La queratina K16 se expresa en las crestas secundarias. (Ilustración hecha por Brandon Smithson, re dibujada por Swennson y et al. (1998), p. 733.)

y células de Merkel. Los queratinocitos son las células que pasan por diferenciación y se pierden en la superficie. La epidermis es la barrera productiva, es imperativo que la piel equilibre el número de queratinocitos nuevos que se crearon con el número de queratinocitos que dejen la superficie. Este equilibrio se alcanza mediante la comunicación y la adhesión.

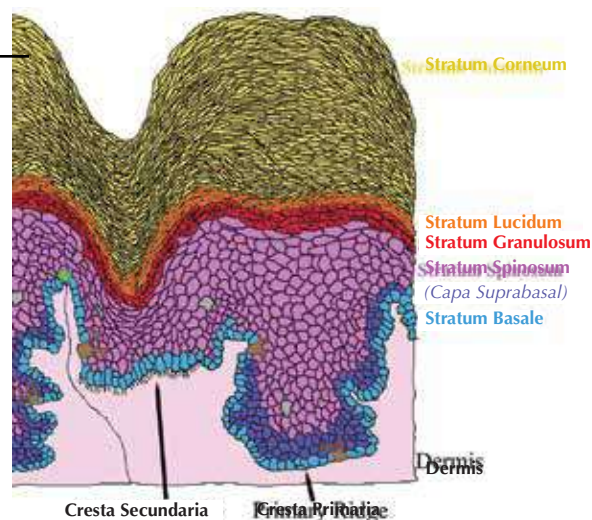
2.2.5 Queratinocitos

Las células principales de la epidermis son los queratinocitos. Los queratinocitos representan el 90-95% de las células epidérmicas (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 19). A pesar de que los queratinocitos cambian en composición química a medida que alcanzan la superficie, todos los queratinocitos se distinguen por la presencia de filamentos intermedios de queratina.

La queratina es una proteína durable organizada en paquetes (filamentos) que se extienden por toda la célula y proporcionan soporte estructural. La queratina refuerza las células de la piel de manera que no se rompan cuando se sometan a estrés

físico. Hay alrededor de 20 variedades de queratina distribuidas a lo largo de la epidermis, las designadas son de K1 a K20 (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 20). Los queratinocitos de la cresta de fricción en la piel expresan queratinas que no se expresan en otras partes del cuerpo, específicamente la K9, K6, K16 y (Swennson et al., 1998, pág. 770).

Los queratinocitos de las crestas de fricción en la piel también expresan un patrón más complejo de distribución de queratina que el resto de la piel. La K9 se encuentra sólo en los queratinocitos por encima de la capa basal de las crestas primarias (Swennson et al., 1998, pág. 770). Los queratinocitos basales en la parte más profunda de las crestas primarias expresan K17 (Swennson et al., 1998, pág. 771). Los queratinocitos basales a lo largo de los segmentos verticales de las crestas primarias expresan K6 (Swennson et al., 1998, pág. 770). La K16 se encuentra sólo en los queratinocitos de las crestas secundarias y en los queratinocitos por encima de la papila dérmica (Swennson et al., 1998, pág. 771). La Figura 2-3 ilustra la distribución de queratina en la cresta de fricción en la piel.

FIGURA 2-4*Capas de la epidermis.*

Las diferencias en la queratina producida y distribuida a través de la cresta de fricción en la piel se atribuyen a la mayor cantidad de estrés mecánico en la cresta de fricción en la piel (Swennson et al., 1998, pág. 767). La queratina producida en las células de las crestas primarias (K9) es más duradera que la queratina producida en las crestas secundarias (K16). Desde un punto de vista mecánico, los bordes de la superficie soportan la mayoría de la compresión cuando la cresta de fricción en la piel toca una superficie, necesitando por lo tanto una mayor durabilidad. La queratina más flexible producida en las crestas secundarias permite que los surcos actúen como una bisagra entre las crestas de la superficie más rígidas (Swennson et al., 1998, p 772).

2.2.6 Capas de la Epidermis

La Figura 2-4 es una ilustración con código de colores de las cinco capas de queratinocitos de la epidermis de la cresta de fricción en la piel: estrato basal, estrato espinoso, estrato granuloso, estrato lúcido y estrato córneo. Hay una capa informal, la capa supra basal, entre el estrato basal y el estrato espinoso en las crestas primarias.

Casi todas las células ilustradas en la Figura 2-4 son queratinocitos. Las únicas excepciones ocasionales son las células marrones, grises y verdes que representan los melanocitos, las células de Langerhans y células de Merkel, respectivamente.

Las capas de la epidermis se denominan de acuerdo con la base de la apariencia microscópica de los queratinocitos en las preparaciones de diapositivas. Los queratinocitos cambian de apariencia y composición a medida que son empujados hacia la superficie y se someten a la diferenciación. Durante las etapas

de diferenciación, las células se vuelven queratinizadas (llenas de queratina).

2.2.6.1 Estrato basal. El estrato basal es la capa más interna de la epidermis y consta de una sola capa de queratinocitos con melanocitos ocasionales y células de Merkel. Los queratinocitos en la capa basal se dividen continuamente y son la fuente de todos los queratinocitos en todas las capas superiores.

La Figura 2-5 es una imagen de dos queratinocitos basales adyacentes. Cada queratinocito contiene un gran núcleo. El núcleo consiste en una cromatina ligeramente manchada y un nucléolo de manchado color oscuro. La cromatina es específica del ADN activo para ese tipo de célula en particular (los queratinocitos en este ejemplo). El nucléolo es el compactado de ADN responsable de sintetizar los ribosomas. Los ribosomas son estructuras de la célula que ayudan a construir las proteínas. Las células basales están conectadas a la zona de la membrana basal por medio de los hemidesmosomas. Los hemidesmosomas enlazan las células basales a la dermis a través de la lámina basal. La lámina basal se divide en dos regiones: lámina lúcida y lámina densa. Los desmosomas y las uniones estrechas focales se adhieren a los queratinocitos basales entre sí. Hay pequeños espacios entre las células. Estos espacios intercelulares permiten que los nutrientes y las señales que han pasado de la dermis a través de la membrana basal se difundan a través de los queratinocitos de la capa basal.

Mitosis de la célula basal. Cuando un queratinocito basal se divide, se somete a la mitosis. La mitosis es el mecanismo por el cual una célula replica su ADN, las dos copias del ADN

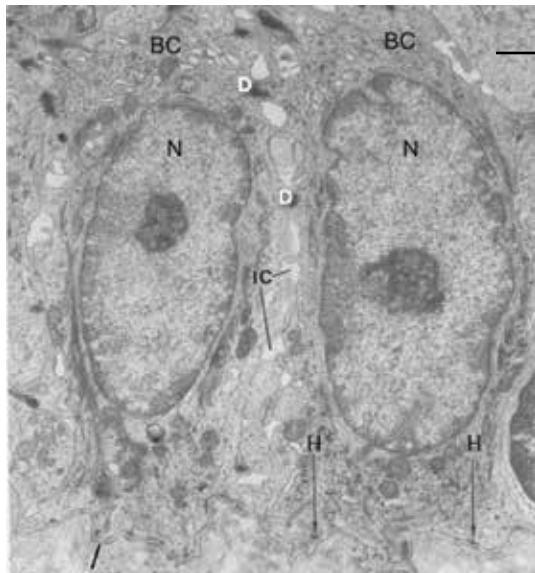


Lámina basal

FIGURA 2-5

Dos células basales adyacentes (BC), cada una conteniendo un gran núcleo (N). La lámina basal (lámina lúcida y lámina densa) permanece justo por debajo de la membrana plasmática de los queratinocitos basales. Los hemidesmosomas (H) se encuentran regularmente junto a la membrana plasmática. Los espacios inter celulares (IC) son los espacios entre células donde las células no están adjuntas mediante los desmosomas (D). Aumento = 2680 X. (Reimpreso con permiso de Montagna y Parakkal (1974), pág. 28)

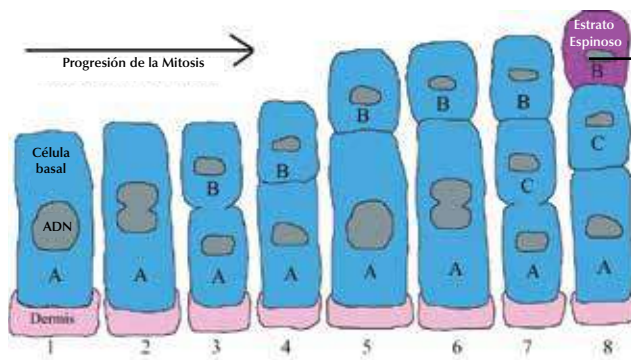


FIGURA 2-6

Secuencia de la mitosis de los queratinocitos basales: (1) la célula A duplica su ADN; (2) el ADN es empujado hacia los extremos opuestos de la célula; (3) la célula A se divide; (4) la célula B se crea; (5) la célula A duplica su ADN; (6) el ADN es empujado a los extremos opuestos de la célula; (7) la célula A se divide para crear la célula C; (8) la célula C empuja hacia arriba la célula previamente generada, donde empieza a diferenciarse y se vuelve parte del estrato espinoso.

migran a diferentes lados de la célula y la célula se separa físicamente en dos. Cada célula contiene una copia completa de ADN. Cuando un queratinocito basal se divide en la epidermis, la célula original permanece en la capa basal (célula A en la Figura 2-6) y la célula recién generada se asienta en la parte superior de la misma (célula B en la Figura 2-6). Cuando los queratinocitos basales se dividen de nuevo, la primera célula generada (B) se desplaza en el estrato espinoso por la célula recién generada (célula C en la Figura 2-6). El ciclo continúa, cada nueva célula empujando las células más viejas hacia la superficie de la epidermis.

Zona de la membrana basal. Los queratinocitos de la capa basal se asocian con la dermis a través de la membrana basal. La zona de la membrana basal contiene elementos tanto de la epidermis y la dermis. Además de proporcionar soporte estructural a la piel, la membrana basal es el filtro a través del cual los nutrientes pasan de los vasos sanguíneos dérmicos a los queratinocitos basales (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 133).

La zona de la membrana basal incluye la parte de la membrana plasmática de los queratinocitos basales que se encuentra en la unión dérmico-epidérmica. Como se muestra en la Figura 2-7, los queratinocitos basales tienen placas de fijación especializadas, denominadas hemidesmosomas, que proyectan el anclaje de los filamentos hacia abajo, hacia la dermis (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 134). El área justo debajo de las células basales que contienen estos filamentos de anclaje se llama lámina lúcida.

La dermis aporta la lámina densa y la zona fibrilar de la sub lámina densa a la zona de la membrana basal. La lámina densa contiene proteínas (por ejemplo, fibras de colágeno). Los filamentos de los hemidesmosomas en la lámina lúcida se entrelazan con las fibras de la lámina densa (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 136). La zona fibrilar de la sub lámina densa es la parte más superior de la dermis y contiene fibras elásticas, fibras de colágeno adicionales y placas de anclaje (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 145). Las fibras y las placas de anclaje de

FIGURA 2-7

Zona de la membrana basal.

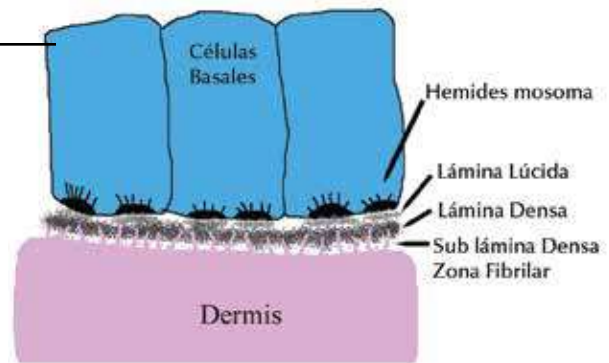
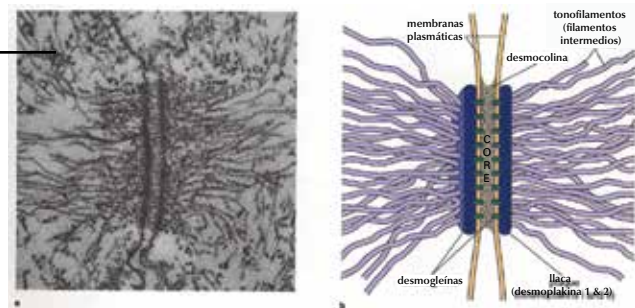


FIGURA 2-8

SEM y esquema de un desmosoma uniendo células de la piel adyacentes de una salamandra. Aumento = 5500 X. (Reimpreso con permiso de Wolfe (1993), pág. 257) Membranas plasmáticas, Desmocollinas, Tonofilamentos (filamentos intermedios), Desmogleinas, Placa (desmoplacas I y II)

Nombres de las partes con sentido de las manecillas del reloj.



la zona fibrilar de la sub lámina densa están entrelazadas con las fibras de la lámina densa.

Los hemidesmosomas de los queratinocitos basales y las fibras entrelazadas en toda la zona de la membrana basal evitan que las células basales migren. Los queratinocitos basales se bloquean a su posición en la epidermis.

Anclaje de las uniones celulares: desmosomas y uniones estrechas focales. Los queratinocitos de la capa basal, y a lo largo de las capas de la epidermis, se encuentran estrechamente unidas unas a otras a través de los desmosomas (Junqueira y Carneiro, 2003, pág. 370) y de las uniones estrechas focales (Tortora y Grabowski, 1993, pág. 97). Los desmosomas son placas circulares que se unen entre sí a las membranas plasmáticas de las células adyacentes. La Figura 2-8 muestra (a) un microscopio electrónico de barrido de imagen (SEM) y (b) un esquema de un desmosoma. Las fibras de queratina se extienden desde la placa de desmosomas en el interior de cada célula, creando un andamio interior que soporta la célula (Wan et al., 2003, pág. 378).

Existen desmosomas entre las células a través de la epidermis entera (cresta de fricción de la piel y la cresta de no fricción

de la piel). Hay, sin embargo, una variación. Los desmosomas varían en tamaño, dependiendo de la ubicación de la piel en el cuerpo. Los desmosomas entre los queratinocitos de la cresta de fricción en la piel son más grandes que las de la cresta de no fricción en la piel (Wan et al., 2003, pág. 384). Junto con los desmosomas más grandes, los queratinocitos de la crestas de fricción en la piel también tienen una mayor densidad de queratina (Wan et al., 2003, pág. 379). El aumento en el tamaño de los desmosomas y la densidad de la queratina indica que los desmosomas son específicos del sitio, dependiendo de la cantidad de estrés físico en la zona particular que la piel deba soportar (Wan et al., 2003, pág. 386).

Los desmosomas también muestran una variación dentro de las capas de la epidermis. Los desmosomas pasan por modificaciones mientras las células progresan hacia afuera desde la capa basal de la epidermis. En la cresta de fricción en la piel, los desmosomas aumentan de tamaño cuando las células entran al estrato espinoso (Wan et al., 2003, pág. 385). Los desmosomas se encuentran reforzados continuamente mientras las células son empujadas hacia la superficie. Al alcanzar la parte externa del estrato córneo, los desmosomas se rompen para liberar las células de la superficie (Freinkel and Woodley, 2001, pág. 25).

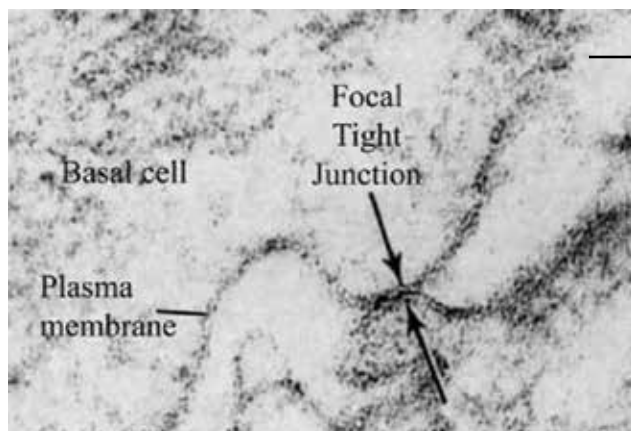


FIGURA 2-9

Micrografía electrónica de una unión estrecha focal entre los queratinocitos adyacentes.

Aumento = 12.500 X. (Reimpreso con permiso de Cavoto y Flaxman (1972), pág. 372).

Célula Basal, Unión Estrecha Focal, Membrana plasmática.

Nombres de las partes con sentido a las manecillas del reloj

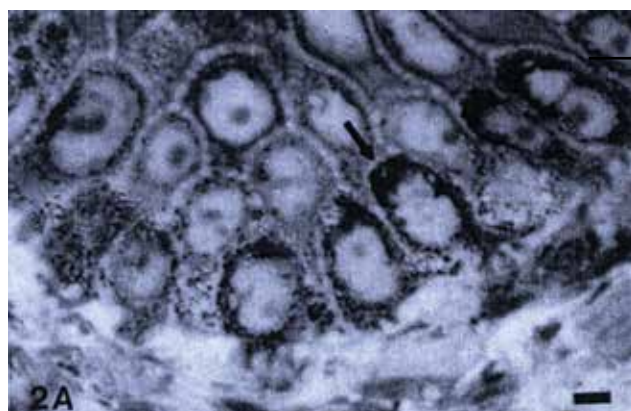


FIGURA 2-10

Células basales de las crestas primarias. La barra de escala es de 10 µm. (Reimpreso con permiso de Lavker y Sun (1983), pág. 123.)

Las uniones estrechas focales (Figura 2-9) son pequeñas “soldaduras” de las superficies de las células (Flaxman y Nelson, 1974, pág. 329). Las membranas celulares de las células adyacentes están fusionadas, eliminando el espacio inter celular. Las uniones estrechas focales proveen un anclaje adicional entre células y proveen un camino eléctrico de baja resistencia para la comunicación entre células. (Cavoto y Flaxman, 1972, pág. 373).

Heterogeneidad de la célula basal. Los queratinocitos basales de las crestas primarias son estructuralmente diferentes de las células basales de las crestas secundarias. Los queratinocitos basales de las crestas primarias contienen menos queratina que las células basales de las crestas secundarias. La unión de las células basales de las crestas primarias con la membrana basal es ligeramente ondulada (Figura 2-10), mientras que las células basales de las crestas secundarias contienen largas proyecciones que se extienden profundamente dentro de la dermis (Figura 2-11) (Lavker y Sun, 1982, pág. 1240).

Las diferencias en la estructura de las células basales en las crestas primarias y secundarias explican sus diferencias durante

la función. Las células basales de las crestas secundarias, con largas proyecciones dentro de la dermis, proveen una función de anclaje (Lavker y Sun, 1982, pág. 1239). Las células basales de las crestas primarias tienen una morfología similar a las de las células madre y pueden ser inducidas a multiplicarse por necesidad de tejido o heridas (Lavker y Sun, 1982, pág. 1239). Las células basales también difieren en la frecuencia a la que se multiplican. Las células basales de las crestas secundarias se dividen más frecuentemente que las crestas primarias porque las células basales de las crestas primarias levantan las células que se dividen en la capa supra basal.

Capa supra basal. Los queratinocitos basales de las crestas secundarias dividen continuamente cada célula basal para empujar una célula a la vez en el estrato espinoso. Las células basales de las crestas primarias se comportan de manera diferente.

El queratinocito basal de la cresta principal se divide para crear una nueva célula. Esta nueva célula no entra inmediatamente en el estrato espinoso y se compromete a la diferenciación. La

FIGURA 2-11

Células basales de las crestas secundarias. La barra de escala es de 10 μ m. (Reimpreso con permiso de Lavker y Sun (1983), pág. 123).

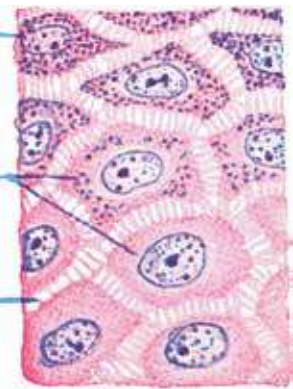
**FIGURA 2-12**

Células del estrato espinoso y estrato granuloso (con gránulos de queratohialina). Aumento = 1400 X. (Reimpreso con permiso de Eroschento (1993), pág. 127).

Células con gránulos de queratohialina

Células del estrato espinoso

"Puentes Intercelulares" (desmosomas)

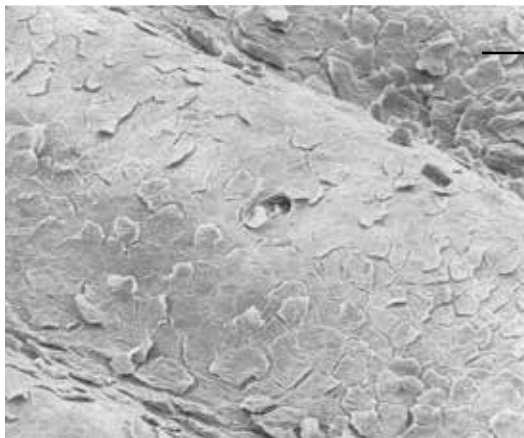


célula que se acaba de generar, denominada célula de ampliación transitoria, se somete a un par de divisiones celulares mientras se asienta en la capa supra basal (Lavker y Sun, 1983, pág. 121). Después de que las divisiones celulares se completan, las células amplificadoras transitorias son empujadas hacia arriba en el estrato espinoso y comienzan la diferenciación. Más células se producen en las crestas primarias que en las crestas secundarias debido a las células de ampliación transitorias. Las células de las crestas primarias mantienen las crestas de la superficie, donde se necesitan más células debido a una mayor abrasión.

2.2.6.2 Estrato espinoso. A medida que los queratinocitos son empujados hacia la superficie, comienzan a experimentar diferenciación. Las células se hacen de forma poliédrica y los desmosomas (uniones celulares) se refuerzan. Se incrementa la producción de queratina y los filamentos de queratina se organizan de forma concéntrica alrededor del núcleo y se extienden en los desmosomas (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 23). Nuevas estructuras, los gránulos lamelares, aparecen en las células mientras éstas son empujadas hacia el límite del estrato espinoso. Los gránulos lamelares son focos de lípidos que aparecen por primera vez en el estrato espinoso, pero no se activan hasta que las células alcanzan el estrato granuloso

(Freinkel y Woodley, 2001, pág. 24). La Figura 2-12 es una preparación de diapositivas en el microscopio de los queratinocitos del estrato espinoso y estrato granuloso. El estrato espinoso se llama así debido al aspecto espinoso de las células en las preparaciones de diapositivas en el microscopio. Durante el proceso de fabricación de la diapositiva, las células se deshidratan, causando que se encoja la distancia entre una y otra. Las espigas se encuentran donde los desmosomas siguen manteniendo las células juntas.

2.2.6.3 Estrato granuloso. A medida que las células son empujadas hacia la superficie, siguen con una modificación estructural y química. Los queratinocitos que entran en el estrato granuloso contienen gránulos de queratohialina característicos (Figura 2-12). Los queratinocitos se programan para llenarse con queratina; los gránulos de queratohialina contienen proteínas (profilagrina, queratina, y loricrina) que facilitan el proceso (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 23). Los gránulos lamelares se vuelven activos mientras las células alcanzan la parte superior del estrato granuloso. Los gránulos lamelares liberan su contenido de lípidos en el espacio entre las células. Los lípidos recubren las células, proporcionándole a la piel una barrera hidrofóbica (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 24).

**FIGURA 2–13**

Superficie de las crestas de fricción que muestran el derramamiento de las células de la superficie. (Reimpreso con permiso de Montagna y Parakkal (1974), pág. 25).

2.2.6.4 Estrato lúcido. Los queratinocitos experimentan una transición abrupta hacia el estrato lúcido. Las células son queratinizadas y completan su muerte celular programada (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 24). Aunque las células ya no viven, la actividad química continúa dentro de ellas mientras se realizan las modificaciones finales a la queratina.

2.2.6.5 Estrato córneo. Con una capa sobre capa de queratinocitos terminales diferenciados no viables, el estrato córneo es la capa epidérmica significativa que permite que la piel actúe como una barrera importante. La disposición de los queratinocitos se describe como un “modelo de ladrillo y mortero.” Las células llenas de queratina (ladrillos) están rodeadas de los lípidos (mortero) secretados mientras las células estaban en el estrato granuloso (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 25). A pesar de que están muertas, las células del estrato córneo siguen sometándose a la modificación ya que son empujadas desde la parte más profunda del estrato córneo hacia la superficie de la piel. Las células en la parte más profunda del estrato córneo son más gruesas y tienen más densidad de queratina, una membrana celular más débil y más conexiones de célula a célula (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 25). Mientras las células son empujadas hacia la superficie, la membrana celular se vuelve más rígida y los desmosomas se degradan. Estos cambios permiten que las células se desprendan cuando llegan a la superficie (Figura 2-13).

2.2.7 No Queratinocitos

La comunicación de los queratinocitos con los melanocitos, las células de Langerhans y las células de Merkel es necesaria para que la piel funcione apropiadamente.

Los melanocitos producen los pigmentos que se depositan en los queratinocitos. El pigmento, melanina, protege el material genético de los queratinocitos del daño ultravioleta (Junqueira

y Carneiro, 2003, pág. 374). Los melanocitos residen en la capa basal de la epidermis y además de proveer a los queratinocitos circundantes de melanina, producen vitamina D.

Las células de Langerhans son una extensión del sistema inmunológico del cuerpo. Tras la exposición a las bacterias invasoras, las células de Langerhans inician una alerta que causa que el cuerpo reclute células inmunes más agresivas (Células T) para atacar a los invasores (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 30).

Las células de Merkel son una extensión del sistema nervioso y participan en la transmisión de la sensación del tacto: “forma, tamaño y textura de objetos, y la discriminación de dos puntos” (Dillon et al., 2001, pág. 557). Las células de Merkel se presentan esporádicamente en la capa basal de la epidermis y se asocian con las terminaciones nerviosas libres de la dermis.

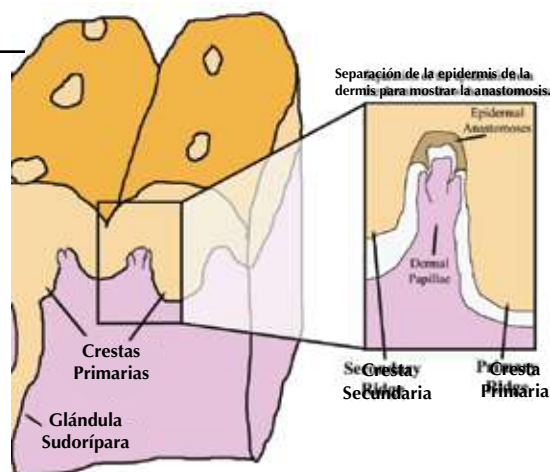
2.2.8 Dermis

2.2.8.1 Dermis papilar. La dermis es el tejido conector que soporta la epidermis y la une a la hipodermis. La dermis se compone de dos capas: la capa papilar y la capa reticular. La capa papilar externa es un tejido conector suelto que contiene fibrillas de anclaje y células dérmicas numerosas. Las fibrillas de anclaje aseguran la dermis a la epidermis a través de zona de membrana basal. La capa papilar de la dermis forma las papilas dérmicas.

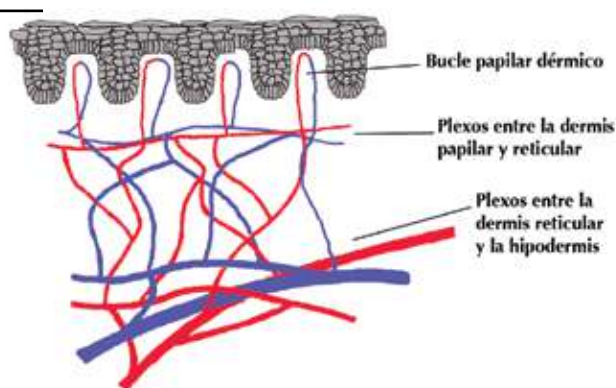
2.2.8.2 Papilas dérmicas. Las papilas dérmicas son proyecciones maleables de tipo clavija de la dermis papilar entre las crestas primaria y secundaria. La naturaleza maleable de las papilas dérmicas es importante porque la unión epidérmica-dérmica se remodela con la edad y en respuesta al estrés puro en la superficie de la piel (Misumi y Akiyoshi, 1984, pág. 53; Chacko y Vaidya, 1968, pág. 107). Durante la remodelación, la epidermis forma láminas de tejido que cruzan adyacentes las

FIGURA 2-14

Corte transversal de la cresta de fricción en la piel con el detalle de la epidermis separada de la dermis para mostrar las papilas dérmicas y la anastomosis epidérmica complementaria.

**FIGURA 2-15**

*Sistema de circulación de la piel.
(Adaptado con permiso de Freinkel y Woodley (2001), Pág. 177)*



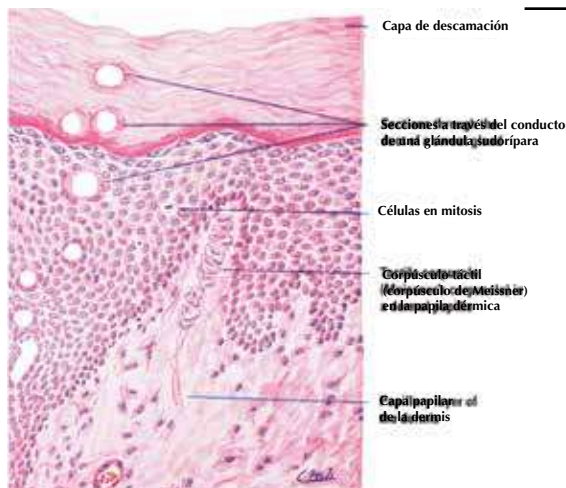
crestas primarias y secundarias. A estas láminas de tejido se les llama anastomosis. A medida que la anastomosis epidérmica se forma, las papilas dérmicas se moldean en estructuras cada vez más complejas (Hale, 1952, pág. 153). El detalle de la Figura 2-14 ilustra las papilas dérmicas y la anastomosis. La formación de papilas dérmicas y anastomosis epidérmica aumenta el área de superficie de la unión entre la epidermis y la dermis, de este modo incrementando el enlace entre la epidermis y la dermis.

2.2.8.3 Dermis reticular. La dermis reticular es un tejido conector compacto que contiene grandes conjuntos de colágeno y fibras elásticas. La organización de estas fibras provee a la dermis de fuerza y resiliencia (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 38). La dermis reticular se conecta a la hipodermis por medio de una red de fibras.

2.2.8.4 Sistema circulatorio de la dermis. Existen dos plexos de vasos sanguíneos arteriales en la dermis. Un plexo se localiza entre la dermis papilar y reticular, y el otro entre la dermis reticular y la hipodermis (Junqueira y Carneiro, 2003, pág. 376). Los capilares se extienden desde el plexo arterial y en las papilas dérmicas para formar el bucle papilar dérmico (Figura 2-15) (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 38).

La sangre pasa de los capilares arteriales en las papilas dérmicas hacia los capilares venosos. Las venas se organizan en tres plexos: uno asociado con cada plexo arterial y un tercer plexo en el medio de la dermis reticular (Junqueira y Carneiro, 2003, pág. 376).

2.2.8.5 Sistema Nervioso de la Dermis. Una vasta red de ramificaciones nerviosas sensoriales y autónomas que inervan la dermis. La red nerviosa autónoma es responsable de controlar el flujo sanguíneo y las secreciones glandulares (sudor). El sistema sensorial contiene receptores de sensaciones: tacto, temperatura, dolor y comezón (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 153). La dermis participa en la percepción sensorial a través de terminales nerviosas libres, corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Ruffini y corpúsculos de Pacinian. Las terminales nerviosas libres y los corpúsculos de Meissner se encuentran en las papilas dérmicas. Las terminales nerviosas libres se encuentran en cada papila dérmica y proveen una rápida respuesta al estímulo (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 157). Los corpúsculos de Meissner (Figura 2-16) se encuentran en casi cada cuarta papila y funcionan como receptores de tacto (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 160). Los corpúsculos de Pacinian y de Ruffini se localizan a lo largo de la dermis y también funcionan en la transmisión de presión (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 158).

**FIGURA 2-16**

Sección de la palma de la piel mostrando el corpúsculo de Meissner en una papila dérmica. Aumento = 100X. (Reimpreso con permiso del Eroschenko (1993), pág. 127).

**FIGURA 2-17**

El sudor que se emite desde los poros de la cresta de fricción en la piel. (Reimpreso con permiso del Montagna y Parakkal (1974), pág. 381.)

2.2.9 Glándulas Sudoríparas

Aunque la piel produce varios apéndices (por ejemplo, cabello, uñas, glándulas sebáceas), la glándula sudorípara ecrina es el único apéndice de la cresta de fricción en la piel. Las glándulas sudoríparas ecrinas se encuentran por toda la superficie del cuerpo y funcionan principalmente en la termorregulación. Las glándulas sudoríparas no funcionan individualmente, sino más bien como grupos o simultáneamente sobre toda la superficie del cuerpo (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 47). Las glándulas sudoríparas de las palmas y las plantas son más grandes, más activas y más densas que en cualquier otra área de la piel. La Figura 2-17 es una imagen de la sudoración de la cresta de fricción en la piel.

Las glándulas sudoríparas ecrinas se clasifican como glándulas tubulares simples, cuyos conductos se abren en la superficie de la piel (Junqueira y Carneiro, 2003, pág. 380). Como se muestra en la Figura 2-18, la porción secretora en espiral de la glándula está incrustada en la dermis o hipodermis, y el conducto se extiende a través de la epidermis. El líquido secretado

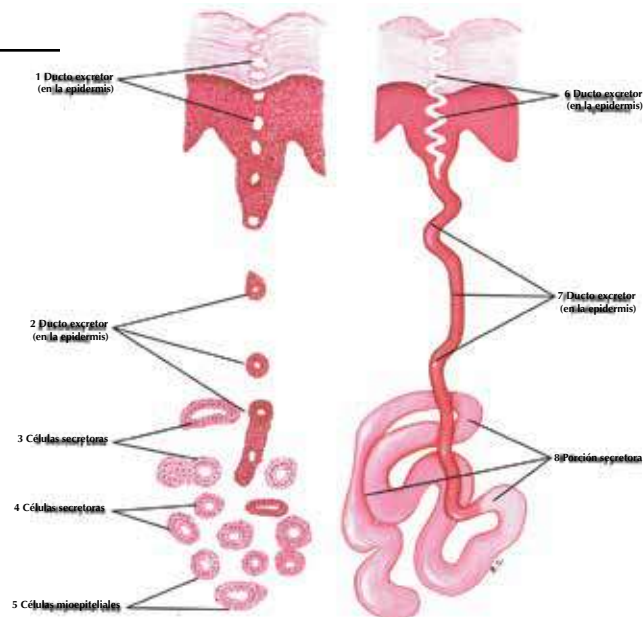
por las glándulas sudoríparas ecrinas es predominantemente agua (del 99.0-99.5%) (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 71). Los componentes restantes de sudor incluyen cloruro de sodio, potasio, amoníaco, urea, lactato, ácido úrico, creatinina y creatina, aminoácidos, azúcares, inmunoglobulina A, factor de crecimiento epidérmico y hormonas selectas, enzimas y vitaminas (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 71).

2.2.10 Hipodermis

Debajo de la dermis reticular fibrosa hay una transición abrupta en el tejido adiposo de la hipodermis. El tejido adiposo (grasa) sirve como una reserva de energía, amortigua la piel, contorna el cuerpo y permite la movilidad de la piel sobre las estructuras subyacentes (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 39). La dermis e hipodermis se conectan físicamente a través de las fibras interconectadas y comparten vasos sanguíneos y redes nerviosas (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 39). La célula primaria de la hipodermis es el adipocito. Los adipocitos se organizan en lóbulos por medio de tejido conectivo fibroso y almacenan la grasa subcutánea.

FIGURA 2-18

*Glándulas sudoríparas.
(Reimpreso con permiso de
Eroschenko (1993), pág. 129).*



2.3 Fisiología

La epidermis existe en un estado estable y dinámico. Las células perdidas en la superficie deben ser reemplazadas (dinámico) para que la piel mantenga (estable) su barrera protectora (estado). El concepto de mantener las cosas igual a pesar del constante consumo y uso de materiales y energía se le refiere como homeostasis. La homeostasis se define como “la condición en la cual el ambiente interno del cuerpo permanece relativamente constante, dentro de los límites fisiológicos” (Tortora y Grabowski, 1993, pág. 9). La homeostasis es importante para el funcionamiento de todos los organismos. La homeostasis de la piel se alcanza a través de las uniones físicas y la regulación cuidadosa de la producción de células en el estrato basal mediante la comunicación celular.

2.3.1 Uniones Físicas

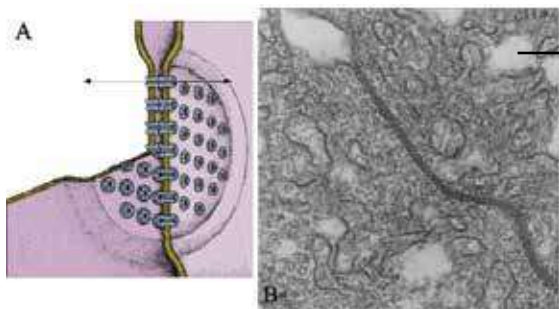
Existen características estructurales por toda la piel y las células de la misma que mantienen la estructura de la epidermis (aun cuando las células de la piel se encuentran siempre mudando en la superficie). Existen tres niveles de unión en la cresta de fricción de la piel: la unión de la cresta primaria/secundaria con las anastomosis, la zona de la membrana basal y las uniones de célula a célula.

2.3.1.1 Crestas primarias y secundarias. El primer nivel de unión es la topografía en la unión de la epidermis y la dermis. El sistema alternante de las crestas primarias y secundarias en el fondo de la epidermis provee soporte estructural general para

las crestas de la superficie y los surcos. Las glándulas sudoríparas de las crestas primarias están unidas firmemente en la dermis o hipodermis. El refuerzo adicional de este sistema lo proveen las papilas dérmicas y las anastomosis epidérmicas.

2.3.1.2 Zona de la membrana basal. El segundo nivel de unión es la membrana basal. La membrana basal es una lámina fibrosa que une los queratinocitos basales de la epidermis a la dermis que se encuentra por debajo. La membrana basal se genera mediante los queratinocitos de la epidermis y los fibroblastos de la dermis. Las células basales de la epidermis poseen placas de unión especializadas, llamadas hemidesmosomas, las cuales proyectan fibras hacia la dermis. La dermis proyecta fibras de anclaje de regreso hacia la epidermis. Estas fibras que se originan de las células basales epidérmicas y de la dermis están entrelazadas para crear la lámina fibrosa que asegura la epidermis a la dermis. Los hemidesmosomas y las fibras entrelazadas previenen que las células basales migren. Los queratinocitos basales se asientan en su posición en la epidermis.

2.3.1.3 Uniones de célula a célula. El tercer nivel de unión consiste en las uniones de célula a célula de los queratinocitos a través de las capas de la epidermis. Los desmosomas y las uniones estrechas focales unen los queratinocitos entre sí. Los desmosomas se refuerzan mientras las células se mueven de la capa basal a la superficie. Al completar la porción externa del estrato córneo, los desmosomas y las uniones estrechas focales se rompen para liberar las células de la superficie.

**FIGURA 2-19**

(A) Modelo de una brecha de la unión que demuestra los canales que conectan las células; (B) SEM de un espacio de la unión entre dos células de hígado de rata. Aumento = 59.000 X. (Reimpreso con permiso del Junqueira y Carneiro (2003), pág. 74).

2.3.2 Comunicación Celular

La piel debe mantener su barrera protectora mientras exista en un estado de equilibrio dinámico (es decir, las células que salen de la superficie deben ser sustituidas). La velocidad a la que las células basales se dividen en la capa basal debe coincidir con la velocidad a la cual las células se están quedando en la superficie. Debe haber un mecanismo para controlar la velocidad de la división celular de los queratinocitos basales y para controlar el espesor de la piel. Este mecanismo es la comunicación celular. Los queratinocitos están en comunicación constante con otros y con los melanocitos, las células de Langerhans y las células de Merkel. Los queratinocitos también están en comunicación con el resto del cuerpo a través de la dermis.

2.3.2.1 Espacio entre uniones. Se logra una rápida comunicación entre células a través del espacio entre uniones. Los espacios entre uniones son conexiones entre las membranas celulares de las células adyacentes que permiten el intercambio directo de pequeñas moléculas, iones y hormonas. La Figura 2-19 contiene un diagrama y una micrografía electrónica del espacio entre las uniones de las células. La comunicación rápida a través de los espacios entre uniones se traduce en los queratinocitos que actúan de forma coordinada en lugar de unidades independientes (Junqueira y Carneiro, 2003, pág. 72).

2.3.2.2 Receptores de la superficie celular. Además de la comunicación directa de célula a célula a través de los espacios entre uniones, las células también han modificado proteínas incrustadas en la membrana externa que puedan responder a las señales enviadas a través de la sangre o de otras células en la epidermis. Cuando una molécula señal se une a la superficie exterior de la proteína de la membrana, provoca una cascada de reacciones dentro de la célula para inducir la respuesta apropiada.

2.3.3 Regulación de la Proliferación de Queratinocitos

2.3.3.1 Ciclo celular. La comunicación celular es necesaria para el control y el ajuste de la velocidad a la que las células basales se dividen. El ciclo celular describe las etapas de la replicación del ADN y la división celular. Las cinco fases del ciclo celular se representan como G0, G1, S, G2 y M; G1 es el intervalo de tiempo que se produce después de que la célula se ha dividido y antes de que la célula comience la replicación de su ADN para la siguiente división. G1 es el periodo de descanso entre la mitosis. La duración de la fase G1 es la más variable del ciclo celular y las modificaciones a su duración influyen en gran medida al número de células basales producidas (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 202). Durante la fase G1, la célula alcanza un punto de restricción y supervisa las condiciones críticas para determinar si va a entrar en la siguiente fase del ciclo celular, la fase S, la síntesis. Durante la fase S, la célula replica su ADN, un proceso que toma cerca de 8-12 horas (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 202).

Una vez que la replicación del ADN está completa, la célula entra en una segunda fase de separación, G2, durante aproximadamente 8 horas. Durante la fase G2, la célula alcanza un segundo punto de restricción crítica y evalúa los resultados de la replicación del ADN antes de entrar en mitosis (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 203). La fase M, fase mitótica, es la división física de la célula en dos, donde cada una contiene una copia completa de ADN.

Al término de la mitosis, las células basales pueden entrar en la fase G1 y continuar el ciclo celular o pueden entrar a la fase G0. Las células basales que entran en la fase G0 ya no se encuentran en el ciclo celular, pero pueden volver a entrar a éste tras la recepción de la señal apropiada (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 203). Las nuevas células creadas por las células basales se

retirarán del ciclo celular y comenzará la diferenciación o ciclo unas cuantas veces más (células amplificadoras transitorias) antes de diferenciarse. Las células que se han comenzado a diferenciar son las células que entran al estrato espinoso.

2.3.3.2 Regulación del ciclo celular. Hay muchas oportunidades en todo el ciclo celular para regular la velocidad a la que las células basales experimentan mitosis. Las señales que estimulan la proliferación se reciben a través de receptores de la superficie celular. Estas señales incluyen hormonas, proteínas, iones (especialmente calcio) y vitaminas A y D. Una vez recibida, la señal activa la producción de dos tipos de proteínas asociadas dentro de la célula: ciclinas y quinasas dependientes de ciclina (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 205). Las quinasas son responsables del avance de las células a través de las fases G1 y G2 del ciclo celular. Las quinasas deben unir las ciclinas adecuadas para realizar esta tarea. Las ciclinas son proteínas inestables de corta duración. Mediante el control de la disponibilidad de las ciclinas, también se controla la capacidad de las quinasas para el progreso de las células a través de la mitosis.

El calcio es también importante para la progresión de una célula a través del ciclo celular. El calcio se une a una proteína pequeña, calmodulina. El complejo calcio-calmodulina es un componente necesario del aparato de husillo que separa las dos copias del ADN producido durante la fase S del ciclo celular. La calmodulina también hace cambios estructurales dentro de la célula para inducir la replicación del ADN durante la fase S (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 204).

2.3.3.3 Inhibidores de la mitosis. Si las células basales son responsables de equilibrar el número de células producidas con el número de células que salen de la superficie, debe haber algún mecanismo para que ellos “sepan” cuántas células se encuentran en las capas exteriores de manera que puedan cerrar la producción según sea necesario. Este proceso, común a todos los organismos vivos, se llama mecanismo de retroalimentación.

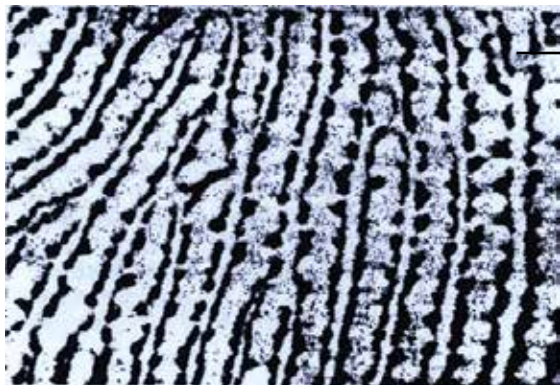
A medida que los queratinocitos son empujados hacia la superficie, se someten a cambios radicales en su bioquímica interna y externa. Cuando las células alcanzan el estrato granuloso, liberan el contenido de los gránulos lamelares para proporcionar el “mortero” entre las células. Las moléculas liberadas por las células que se diferencian, llamadas chalonas, se difunden a través de los espacios intercelulares y, finalmente, llegan a las células basales (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 205). Las células basales, a través de los receptores de la superficie celular, monitorean la concentración de chalonas. Mientras más células

se diferencien, mayor será la concentración de chalonas. Si la concentración es demasiado alta, las chalonas mandan una señal a las células basales para detener el ciclo celular. De esta manera, las chalonas proporcionan retroalimentación a las células basales respecto al número de diferenciación de las células en las capas exteriores.

2.3.3.4 Genética de la regulación del ciclo celular. Las señales estimuladoras y las señales inhibitoras actúan en oncogenes y genes supresores de tumores, respectivamente. Los oncogenes son los genes que, cuando se trasladan, generan las proteínas necesarias para que una célula pueda someterse a la mitosis. Los genes supresores de tumores son genes cuyos productos proteicos inhiben la mitosis. Un ejemplo de la regulación genética del ciclo celular en la epidermis sería de la siguiente manera: (1) las células basales se unen a una hormona estimulante sobre un receptor de la superficie celular; (2) una cascada de reacciones tiene lugar dentro de la célula que resulta en los genes de las ciclinas que serán trasladadas; (3) la producción de ciclinas activa las quinasas, empujando las células a través de la mitosis; (4) la concentración de chalonas aumenta a medida que las células recién generadas se diferencian; (5) las chalonas se difunden en las células basales y se unen al receptor apropiado de la superficie celular; (6) una cascada de reacciones dentro de las células resulta en la translocación de un gen supresor del tumor; y (7) la proteína supresora resultante se une a e inactiva las quinasas, deteniendo así el ciclo celular.

2.4 Persistencia de la Cresta de Fricción en la Piel

La cresta de fricción en la piel persiste debido a las uniones físicas a lo largo de la piel y a la regulación de la producción y diferenciación de queratinocitos. La morfología de tres dimensiones de la cresta de la superficie se mantiene por la combinación del aumento en la producción de células en la capa supra basal de las crestas primarias (crestas debajo de la superficie) y el aumento del anclaje de las células basales en las crestas secundarias (surcos debajo de la superficie). La capa basal de queratinocitos proporciona la plantilla para las crestas y surcos de la superficie. La comunicación celular asegura que la proliferación de células basales se estimule y se inhiba de manera coordinada. A medida que los queratinocitos basales se dividen, las uniones de célula a célula aseguran que las células se muevan hacia la superficie de manera concertada.

**FIGURA 2-20**

Área inter dactilar de la superficie dérmica de la palma de un feto de 30 semanas (reimpreso con permiso de Okajima (1975), pág. 249.)

**FIGURA 2-21**

Ápice del dedo de la superficie dérmica de un adulto (Reimpreso con permiso de Okajima (1975), pág. 249.)

2.4.1 Envejecimiento de la Cresta de Fricción en la Piel

El envejecimiento, según la doctora Barbara Gilchrest, lo define como “un proceso irreversible que comienza o se acelera en la madurez y que resulta en un número y/o gama cada vez mayor de desviaciones del estado ideal y/o tasa de retorno al estado ideal” (Gilchrest, 1984, pág. 5). La cresta de fricción en la piel, aunque duradera, sufre cambios sutiles cuando una persona envejece. La disposición de las crestas de fricción no cambia; las crestas y surcos mantienen su posición en la piel. La edad avanzada tiene dos efectos sobre la cresta de fricción en la piel: (1) las crestas de la superficie tienden a aplanarse, haciendo que parezcan “menos fuertes” (Okajima, 1979, pág. 193), y (2) la pérdida de elasticidad de la dermis hace que la piel se vuelva flácida y se arrugue.

2.4.1.1 Crestas aplanadas. Las crestas de fricción tienden a aplanarse debido a la combinación de la atrofia de la epidermis y la remodelación de las papilas dérmicas. La remodelación de las papilas dérmicas es el cambio más impactante en la cresta de fricción de la piel. La remodelación dérmica continúa a través de la vida del individuo y varía a lo largo de la superficie de la palma y planta, dependiendo de cuánto estrés puro haya

ocurrido en esa área en particular. Chacko y Vaidya (1968, pág. 105) describen tres categorías de papilas dérmicas (DRI, DRII y DRIII) basadas en el aumento en la complejidad y la derivación de las papilas. Los tres tipos de papilas dérmicas se encuentran a lo largo de las palmas y las plantas, pero muestran gran variación en las palmas (Chacko y Vaidya, 1968, pág. 107). La gran variación en la palma se atribuye al amplio rango de usos de la mano comparados con los del pie.

En las Figuras 2-20 y 2-21, la epidermis ha sido removida y las papilas dérmicas han sido teñidas con azul de toluidina (Okajima, 1975, pág. 244). Las áreas más oscuras de las Figuras 2-20 y 2-21 pertenecen a las puntas de las papilas dérmicas. La Figura 2-20 es la superficie dérmica de un feto de 30 semanas. Típico en la piel fetal, las papilas dérmicas se acomodan en una fila ordenada doble por debajo de cada cresta de la superficie.

A medida que la piel envejece y se expone al estrés puro, las papilas dérmicas existentes se extienden y se forman nuevas papilas pequeñas para incrementar la adhesión de la epidermis a la dermis (Misumi y Akiyoshi, 1984, pág. 49). En la Figura 2-21 se aprecia la superficie dérmica de un dedo adulto. El número de papilas dérmicas tiende a aumentar con la edad y se repleta más de papilas.

Ocasionalmente, nuevas papilas dérmicas se formarán por debajo de los surcos de las crestas de la superficie (por debajo de las crestas secundarias). Las papilas dérmicas que se forman debajo de los surcos de la superficie pueden variar desde pequeñas y "en forma de piedra" hasta ser del mismo tamaño que las papilas dérmicas bajo las crestas de la superficie (Okajima, 1979, pág. 193). A medida que las papilas dérmicas bajo los surcos se vuelven más grandes, las crestas de la superficie se vuelven más planas. El aplanamiento de las crestas de la superficie usualmente sucede con el envejecimiento (Okajima, 1979, pág. 193).

El aumento en la complejidad y el número de papilas dérmicas a medida que una persona envejece no se refleja en la configuración de las crestas y surcos de la superficie (Misumi y Akiyoshi, 1984, pág. 53). La epidermis responde a las papilas dérmicas al formar anastomosos complementarias que se unan a las crecientes papilas. La formación de anastomosos de las papilas dérmicas/epidérmicas no afecta la capa basal de queratinocitos. Esa capa se amortigua desde los cambios dérmicos a través de la membrana basal y continua reproduciendo las crestas de la superficie.

Los efectos del envejecimiento en la epidermis también contribuyen al aplanamiento de las crestas de la superficie; de cualquier manera, ese impacto es significativamente menor comparado con los cambios en la dermis. La epidermis mantiene el grosor del estrato córneo a lo largo de la vida del individuo (Lavker et al., 1987, pág. 46). Esto es necesario, considerando el papel de la epidermis como la barrera protectora exterior. La capacidad de los queratinocitos basales de proliferar, no obstante, disminuye de un 30-50% de los 30 a los 80 años de edad (Gilchrest, 1984, pág. 21). La tasa de proliferación más lenta resulta en un adelgazamiento de las capas vivas de la epidermis (estrato basal, estrato espinoso y estrato granuloso) (Lavker, 1979, pág. 60).

La remodelación de las papilas dérmicas, particularmente cuando las papilas dérmicas que se encuentran en los surcos que están debajo de la superficie y el adelgazamiento general de la epidermis, contribuye al aplanamiento de las crestas de la superficie que ocurre naturalmente con el envejecimiento. El aplanamiento de las crestas no afecta la secuencia y las longitudes de las crestas y surcos de la superficie. Sin embargo, a medida que las crestas se aplanan, podría resultar cada vez más difícil seguir las crestas y surcos en una impresión de la cresta de fricción de la piel. El aplanamiento también puede disminuir la visibilidad de los bordes y contornos de las crestas en una impresión de la cresta de fricción en la piel. Debe destacarse que la cresta de fricción de la piel es bastante durable y

que el aplanamiento de las crestas ocurre lentamente, a través del curso de muchas décadas.

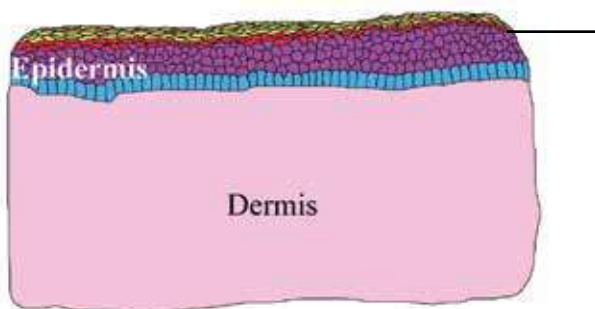
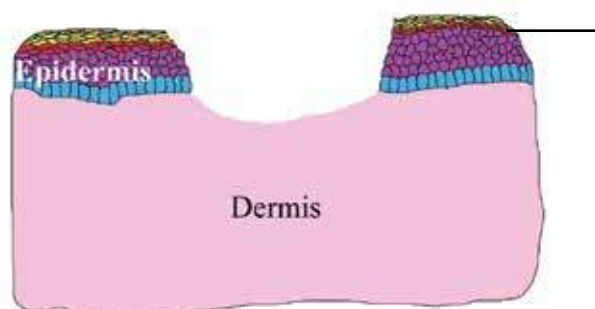
2.4.1.2 Arrugas. Las arrugas son el resultado de cambios mecánicos que tienen lugar en la piel al envejecer (Kligman et al., 1985, pág. 41). En otras palabras, no hay estructuras especiales formadas por la epidermis o la dermis en el lugar de una arruga (Kligman et al., 1985, pág. 40). Los cambios generales que tienen lugar en la piel, particularmente en la dermis, mientras que una persona envejece alteran las propiedades mecánicas de la piel. La dermis adelgaza a medida que la red de colágeno y las fibras de elastina se compactan. Adicionalmente, el colágeno empieza a desenredarse y las fibras de elastina pierden su elasticidad. La compactación y degradación de las redes de fibras en la dermis causan que la piel sea "menos estirable, menos resistente, más laxa y propensa a las arrugas" (Lavker et al., 1989, pág. 65). La piel se vuelve floja y simplemente se dobla en sí misma, creando una arruga.

2.4.2 Cicatrización de Heridas

La cresta de fricción en la piel persiste a lo largo de la vida del individuo. La morfología de las crestas de fricción puede alterarse solo si la plantilla de queratinocitos basales se altera. Las Figuras 2-22 a la 2-30 son diagramas de un modelo de piel que demuestra la respuesta celular de los queratinocitos a una herida. La Figura 2-22 muestra la piel intacta y la Figura 2-23 ilustra la piel después de una lesión. Después de ésta, los queratinocitos son eliminados y dañados, y la dermis está lesionada.

Las lesiones causan que los queratinocitos basales pasen por cambios importantes en su estructura y fisiología para reparar la herida. La cicatriz formada por el proceso de reparación resulta en una característica nueva, única y persistente de la cresta de fricción en la piel. El proceso de saneamiento de heridas se divide en tres fases, aunque existe una superposición considerable: inflamación, proliferación y formación de tejido, y remodelación de tejido.

2.4.2.1 Fase I: Inflamación. La inflamación comienza inmediatamente después de la lesión. La ruptura de los vasos sanguíneos en la dermis causa que la sangre se riegue en el tejido circundante. Las plaquetas de la sangre dirigen la coagulación sanguínea y envían señales para reclutar células del sistema inmunológico y células de la dermis (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 282). Las células inmunológicas matan las bacterias y limpian las células dañadas. Las células dérmicas (fibroblastos) se concentran en el área

**FIGURA 2-22***Capas de queratinocitos intacta.***FIGURA 2-23***Piel lesionada.***FIGURA 2-24***Reparación de la dermis e inicio de la migración de los queratinocitos basales al borde de la herida.*

de la herida para reparar la dermis. Además, las células endoteliales (células de los vasos sanguíneos) comienzan a reparar los vasos sanguíneos dañados. Debe destacarse que la reparación de la dermis y epidermis ocurre por debajo del coágulo sanguíneo formado, aunque el coágulo no se muestre en los siguientes diagramas.

2.4.2.2 Fase II: Proliferación y formación de tejido. A medida que los fibroblastos y las células endoteliales continúan reparando la dermis, los queratinocitos basales en el borde de la herida toman el control del proceso de cicatrización para iniciar la Fase II. Como resultado de la lesión, los queratinocitos basales se exponen de forma espontánea a la dermis por medio de la ruptura de la membrana basal. El contacto con la dermis provoca que los queratinocitos basales pasen por cambios dramáticos: Los desmosomas y hemidesmosomas se disuelven, los filamentos de actina desde el interior de la periferia de la célula

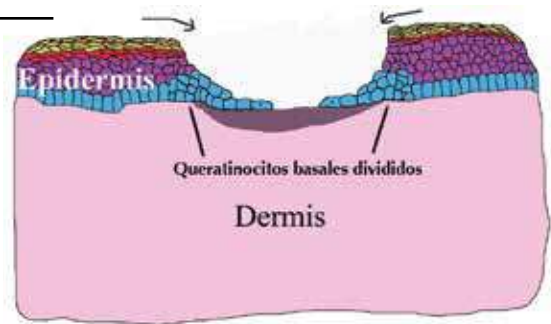
y los pseudópodos (que son proyecciones en forma de pie) se extienden desde la célula (Rovee y Maibach, 2004, pág. 61).

La disolución de desmosomas y hemidesmosomas liberan los queratinocitos basales de sus uniones firmes. Los filamentos de actina, que actúan como músculos celulares miniatura, y los pseudópodos permiten que las células de la piel se arrastren a través de la herida. Mientras los queratinocitos basales en el borde de la herida se arrastran, los queratinocitos basales detrás de ellos se dividen para crear células adicionales que ayudarán a cubrir la herida (Rovee y Maibach, 2004, pág. 61).

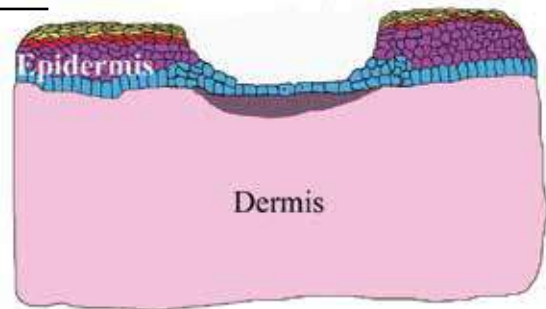
A medida que las láminas opuestas de los queratinocitos basales se mueven unas hacia las otras, la dermis contrae la base de la herida para acortar la distancia que los queratinocitos tienen que migrar para cubrir la herida (Darby y Hewitson, 2007, pág. 145). En la cresta de fricción de la piel, esta contracción crea las clásicas arrugas de las crestas en el lugar de la cicatriz.

FIGURA 2-25

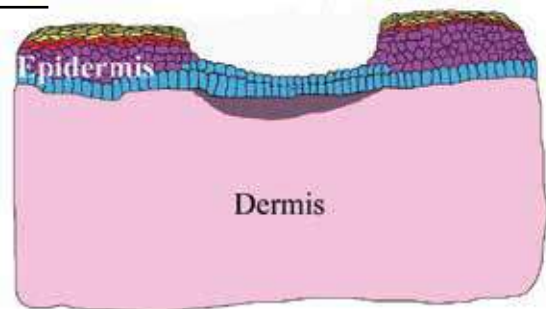
Migración continua de los queratinocitos basales y producción de nuevos queratinocitos.

**FIGURA 2-26**

Los queratinocitos basales migrantes se encuentran en medio de la herida y reconstruyen la membrana basal.

**FIGURA 2-27**

La nueva capa basal formada comienza a dividirse para reconstruir las capas superiores.

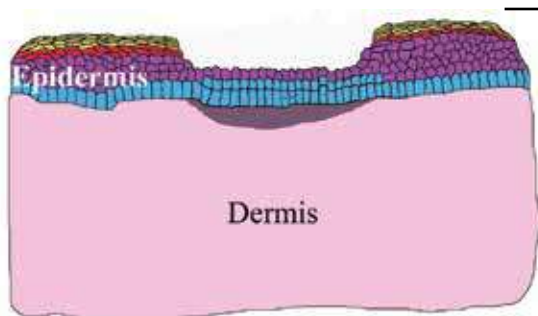


La Figura 2-24 demuestra la reparación de la dermis y el inicio de la migración de los queratinocitos basales. La Figura 2-25 demuestra el arrugamiento de la superficie de la piel mientras los queratinocitos migran y la dermis se contrae para cerrar la herida. La Figura 2-26 también demuestra la proliferación de los queratinocitos basales detrás de las células migratorias.

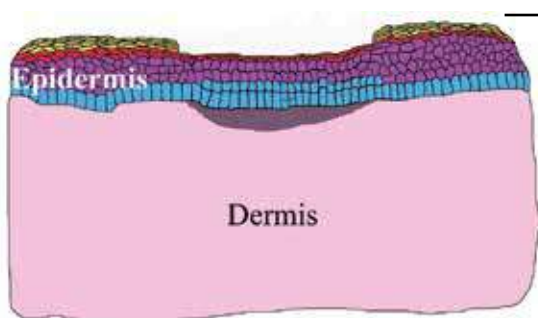
Cuando las células guía de los queratinocitos basales migrantes se contactan unas con otras, forman un espacio de unión (Flaxman y Nelson, 1974, pág. 327). Estos espacios de unión restablecen la comunicación. Los queratinocitos dejan de migrar y comienzan a reconstruir la membrana basal (incluyendo los

hemidesmosomas) y los desmosomas y las uniones estrechas entre los queratinocitos. Una vez que la capa basal se reestablece, los queratinocitos basales comienzan a dividirse y la migración de las células ocurre hasta que se obtiene el grosor de la piel apropiado (Rovee y Maibach, 2004, pág. 64). Las Figuras 2-26 a la 2-30 ilustran los queratinocitos basales reformando las capas de la epidermis.

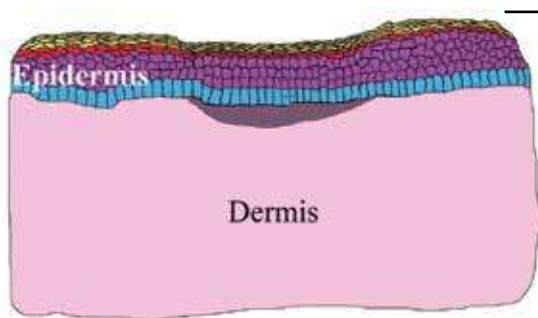
Una vez que la barrera apropiada se ha formado, se libera la costra formada por el coágulo sanguíneo durante la Fase I y la piel regresa a su estado fisiológico normal. Las crestas de fricción no se reconstruyen. La nueva capa basal de los queratinocitos que cubre la herida forma la nueva plantilla para

**FIGURA 2-28**

Los queratinocitos pasan por una diferenciación mientras son empujados hacia la superficie.

**FIGURA 2-29**

Diferenciación continua de los queratinocitos.

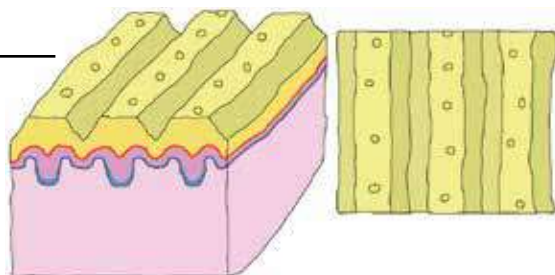
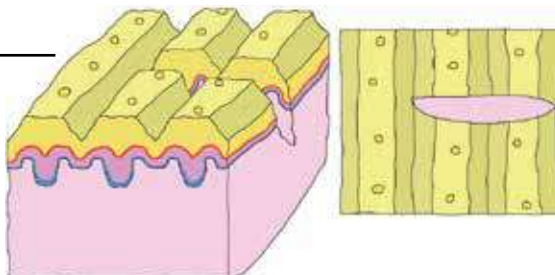
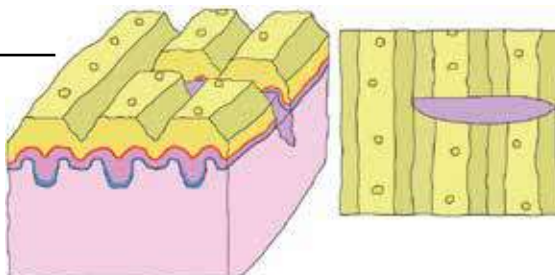
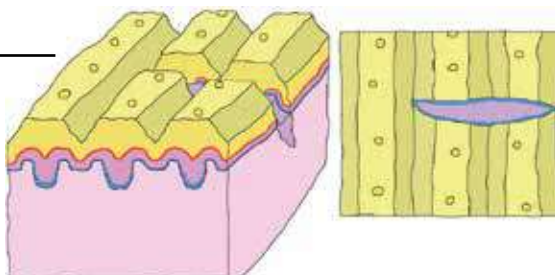
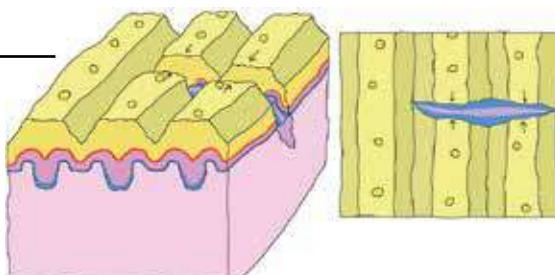
**FIGURA 2-30**

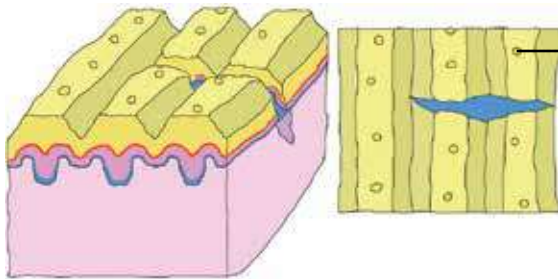
La nueva epidermis se forma completamente.

la epidermis en ese lugar. No se forman crestas primarias o secundarias; consecuentemente, la epidermis no regenera las crestas y surcos de la superficie. Además, las glándulas sudoríparas no se vuelven a formar. Cuando las glándulas sudoríparas se dañan como resultado de una lesión, las células de la glándula también migran para cubrir la herida y las glándulas se pierden (Freinkel y Woodley, 2001, pág. 284).

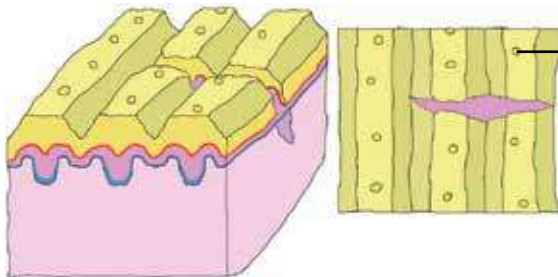
2.4.2.3 Fase III: Remodelación de Tejido. Una vez que la epidermis ha resurgido, la Fase III inicia en la dermis. La dermis continua la remodelación y refuerza la cicatriz para las semanas o meses posteriores a la lesión (Freinkel Woodley, 2001, pág. 292).

2.4.2.4 Modelo de cicatrización de la herida en la cresta de fricción de la piel. Las Figuras 2-31 a la 2-40 son diagramas creados para ilustrar la cicatrización de la herida en la cresta de fricción de la piel. La piel pasa por la misma serie de eventos descritos anteriormente, pero este modelo se concentrará en las capas, más que en las células, mientras la piel sana. Las capas de la epidermis se clasifican por color igual que en la Figura 2-4 (estrato córneo – amarillo, estrato lúcido – naranja, estrato granuloso – rojo, estrato espinoso – rosa oscuro, estrato basal – azul, dermis – rosa claro) y la cresta de fricción de la piel se ve desde perspectivas tridimensional y aérea.

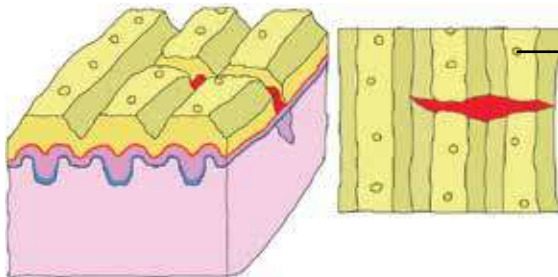
FIGURA 2-31*Cresta de fricción en la piel intacta.***FIGURA 2-32***Cresta de fricción en la piel lesionada.***FIGURA 2-33***Reparación de la dermis.***FIGURE 2-34***Migración inicial de los queratinocitos basales.***FIGURA 2-35***Migración continua de los queratinocitos basales y pellizco de las capas superiores de la piel.*

**FIGURA 2-36**

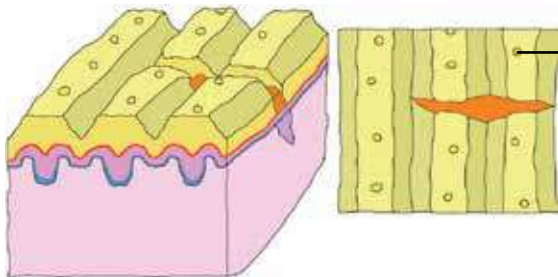
Migración final de los queratinocitos basales y reconstitución de la membrana basal.

**FIGURA 2-37**

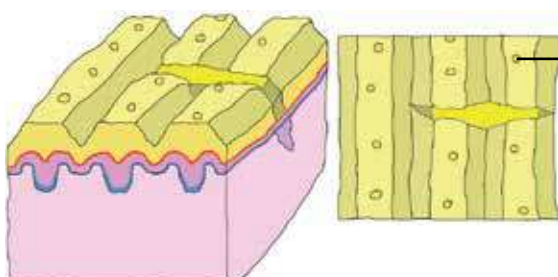
Los queratinocitos basales comienzan a dividirse y las células nuevas se diferencian para formar el estrato espinoso.

**FIGURA 2-38**

Los queratinocitos continúan dividiéndose y las células continúan diferenciándose, formando el estrato granuloso.

**FIGURA 2-39**

Formación del estrato lúcido.

**FIGURA 2-40**

Reparación completa de la epidermis, formando una cicatriz sin crestas.

FIGURA 2-41

Cicatriz madura en la piel de la cresta de fricción y la impresión resultante (posición reversa).



2.4.2.5 La superficie exterior de las cicatrices y las impresiones resultantes. La formación de cicatrices explica lo que se ve en la piel y subsecuentemente en las impresiones que deja la piel. Las cicatrices pueden aparecer como vacías, o pueden contener vacíos parciales, en una impresión debido a que toda o parte de la epidermis que se formó nuevamente se asienta por debajo del nivel de las crestas de la superficie. Al igual que las crestas de fricción, las cicatrices son estructuras tridimensionales con contornos superficiales y bordes. Tal como las crestas de fricción, las características de las cicatrices tendrán alguna variación en apariencia, dependiendo de la presión de disposición y movimiento. La Figura 2-41 (*página 2-24 del documento original*) es una imagen de un dedo con una cicatriz madura y una impresión entintada del mismo dedo.

2.4.2.6 Singularidad de las cicatrices. Las cicatrices son únicas por la misma razón que la cresta de fricción es única: la interferencia en el desarrollo (por ejemplo, los eventos fortuitos que ocurren durante el desarrollo). Richard Lewontin, profesor de investigación en la Universidad de Harvard, describe la interferencia en el desarrollo de la siguiente manera: "Dondequiera que el crecimiento celular y la división se involucren, podemos esperar que tal interferencia contribuya a sus efectos. La colocación exacta de los folículos capilares en nuestras cabezas, la distribución de pequeños lunares en nuestro cuerpo, un centenar de tales detalles de nuestra morfología, están grandemente influenciados por dichos eventos aleatorios durante el desarrollo" (Lewontin, 1995, pág. 26).

Cuando se están formando las crestas de fricción en el feto y cuando los queratinocitos basales se activan mediante una lesión, se encuentran bajo la influencia de la interferencia en el desarrollo. Las células proliferan rápidamente y se encargan de la formación de la piel fetal o de reconstruir la piel lesionada. Estas células son guiadas pero no se les dan instrucciones específicas sobre su posición en la epidermis. En caso de una lesión, las células rápidamente proliferan y migran. La reconsti-

tución del estrato basal (la nueva plantilla para la superficie) y los efectos de la epidermis circundante (pellizco) son el resultado de este proceso guiado, pero aleatorio. Dos lesiones no pueden duplicar la misma cicatriz (Maceo, 2005, pág. 160).

2.4.2.7 Persistencia de las cicatrices. Las cicatrices persisten por la misma razón que las crestas de fricción persisten: sitios de adherencia y la regulación de la mitosis de queratinocitos. Los queratinocitos basales regeneran la membrana base, reestableciendo la adherencia de la epidermis a la dermis. Los queratinocitos también reestablecen las adhesiones entre células: desmosomas y conexiones estrechas. Los queratinocitos reasumen la comunicación entre ellos, los melanocitos, Langerhans, células Merkel y la dermis.

La comunicación permite la regulación homeostática de la división celular en la capa basal, asegurando que la epidermis retenga el grosor apropiado. Conforme se dividen las células, estas se mueven hacia el exterior en sincronía y mantienen los rasgos superficiales de la cicatriz (Maceo, 2005, pág. 160). La impresión en la Figura 2-42 fue tomada con más de 14 años de diferencia y demuestra la naturaleza persistente de las cicatrices.

2.4.2.8 Comparación de impresiones que contienen cicatrices. El uso de cicatrices en la comparación de impresiones de crestas de fricción está basada en lo mismo, y siguen la misma aplicación, como el uso de crestas de fricción. Una vez formadas, las cicatrices son únicas y persistentes. Cuando se toma una impresión de la piel, las características de la cicatriz se reproducirán con diferentes niveles de claridad. La claridad del detalle en la impresión puede revelar la configuración global de la cicatriz, la posición (sendero) en la piel, y las formas de las orillas detalladas de la cicatriz. Este detalle hace a la cicatriz en sí misma útil en la examinación de impresiones de crestas de fricción.



FIGURA 2-42

Huellas conocidas de un sujeto tomadas en Julio 1990 y septiembre 2004.

2.5 Conclusión

La persistencia de las crestas en la piel de fricción se explica por las adhesiones físicas de la piel y por el reemplazo de células perdidas en la superficie de la piel. La naturaleza persistente de la piel de las crestas de fricción hace a esta un rasgo antropológico ideal para uso de identificación de individuos. La estructura de la piel también provee un mecanismo mediante el cual describir la distorsión. Variación en la apariencia de las impresiones de las crestas de fricción se debe a la flexibilidad de la piel. El entender que la piel distribuye la presión hacia los surcos más flexibles nos ofrece una valiosa perspectiva durante el análisis de las impresiones de crestas de fricción.

A pesar de su durabilidad, la cresta de fricción está sujeta a lesiones y envejecimiento. El entender el proceso de envejecimiento nos provee una base para la variación en la apariencia de las impresiones de la misma fuente tomadas con años de separación. Los procesos de envejecimiento son particularmente críticos cuando se explica la pérdida de detalles minúsculos a lo largo de los bordes de las crestas y la existencia de arrugas. La respuesta de la piel a una lesión y el mantenimiento posterior de la nueva piel formada (cicatriz) provee la base para las características singulares y persistencia de las cicatrices. La singular y persistente naturaleza de las cicatrices nos permite su uso durante la examinación de las impresiones de las crestas de fricción. El modo en el que las lesiones de la piel sanan provee una explicación para la variación en apariencia en la impresión de la piel antes y después de la lesión.

Para poder confiar en la piel de las crestas de fricción como medio para identificar a personas, es necesario entender por qué las impresiones de las crestas de fricción pueden ser utilizadas y cuáles son las limitaciones físicas de la piel de las crestas de fricción. Si la variación en la apariencia entre dos impresiones da la piel de las crestas de fricción sobrepasa los límites físicos de la piel, las impresiones no pueden ser de la misma fuente.

2.6 Revisores

Los revisores que analizaron este capítulo fueron Jeffrey G. Barnes, Patti Blume, Mary Ann Brandon, Brent T. Cutro, Sr., Lynne D. Herold, Andre a. Moenssens, Michelle L. Snyder, John R. Vanderkolk y Kasey Wertheim.

2.7 Referencias

- Cavoto, F. V.; Flaxman, B. A. Communication Between Normal Human Epidermal Cells in Vitro. *J. Invest. Dermatol.* 1972, 59 (5), 370–374.
- Chacko, L. W.; Vaidya, M. C. The Dermal Papillae and Ridge Patterns in Human Volar Skin. *ACTA Anatomica (Basel)* 1968, 70 (1), 99–108.
- Darby, I. A.; Hewitson, T. D. Fibroblast Differentiation in Wound Healing and Fibrosis. *Int. Rev. of Cytol.* 2007, 257, 143–179.
- Dillion, Y.; Haynes, J.; Henneberg, M. The Relationship of the Number of Meissner's Corpuscles to Dermatoglyphic Characters and Finger Size. *J. Anatomy* 2001, 199 (5), 577–584.
- Eroschenko, V. *di Fiore's Atlas of Histology With Functional Correlations*, 7th ed.; Lea & Febiger: Philadelphia, 1993.
- Flaxman, B. A.; Nelson, B. K. Ultrastructural Studies of the Early Junctional Zone Formed by Keratinocytes Showing Contact Inhibition of Movement in Vitro. *J. Invest. Dermatol.* 1974, 63 (4), 326–330.
- Freinkel, R. K.; Woodley, D. T. *The Biology of Skin*; The Parthenon: New York, 2001.
- Gilchrest, B. *Skin and Aging Processes*; CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL, 1984.

- Hale, A. Morphogenesis of Volar Skin in the Human Fetus. *American J. Anatomy* 1952, 91 (1), 147–173.
- Junqueira, L. C.; Carneiro, *Journal of Basic Histology*, 10th ed.; Lange Medical Books: New York, 2003.
- Kligman, A.; Zheng, P.; Lavker, R. M. The Anatomy and Pathogenesis of Wrinkles. *British J. Dermatol.* 1985, 113 (1), 37–42.
- Lavker, R. M. Structural Alterations in Exposed and Unexposed Aged Skin. *J. Invest. Dermatol.* 1979, 73 (1), 59–66.
- Lavker, R. M.; Sun, T. T. Heterogeneity in Epidermal Basal Keratinocytes and Functional Correlations. *Science* 1982, 215 (4537), 1239–1241.
- Lavker, R. M.; Sun, T. T. Epidermal Stem Cells. *J. Invest. Dermatol.* 1983, 81 (1) (Suppl.), 121–127.
- Lavker, R. M.; Zheng, P.; Dong, G. Aged Skin: A Study by Light, Transmission Electron, and Scanning Electron Microscopy. *J. Invest. Dermatol.* 1987, 88 (3) (Suppl.), 44–51.
- Lavker, R. M.; Zheng, P.; Dong, G. Morphology of Aged Skin. *J. Geriatric Dermatol.* 1989, 5 (1), 53–67.
- Lewontin, R. *Human Diversity*; Scientific American Library: New York, 1995.
- Maceo, A. The Basis for the Uniqueness and Persistence of Scars in the Friction Ridge Skin. *Fingerprint Whorld* 2005, 31 (121), 147–161.
- Misumi, Y.; Akiyoshi, T. Scanning Electron Microscopic Structure of the Finger Print as Related to the Dermal Surface. *The Anatomical Record* 1984, 208 (1), 49–55.
- Montagna, W.; Parakkal, P. *The Structure and Function of Skin*, 3rd ed.; Academic Press: New York, 1974.
- Okajima, M. Development of Dermal Ridges in the Fetus. *J. Med. Genet.* 1975, 12 (3), 243–250.
- Okajima, M. Dermal and Epidermal Structures of the Volar Skin. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Birth Defects Original Article Series; March of Dimes: Washington, DC, 1979; pág. 179–198.
- Rovee, D. T.; Maibach, H. I. *The Epidermis in Wound Healing*; CRC Press: New York, 2004.
- Swensson, O.; Langbein, L.; McMillan, J. R.; Stevens, H. P.; Leigh, I. M.; McClean, W. H. I.; Lane, E. B.; Jeady, R. A. Specialized Keratin Expression Pattern in Human Ridged Skin as an Adaptation to High Physical Stress. *British J. Dermatol.* 1998, 139 (5), 767–775.
- Tortora, G.; Grabowski, S. R. *Principles of Anatomy and Physiology*, 7th ed.; Harper Collins: New York, 1993.
- Wan, H.; Dopping-Hepenstal, P.; Gratian, M.; Stone, M.; McGrath, J.; Eady, R. Desmosomes Exhibit Site-Specific Features in Human Palm Skin. *Experimental Dermatol.* 2003, 12 (4), 378–388.
- Wolfe, S. *Molecular and Cellular Biology*; Wadsworth: Belmont, CA, 1993.

CAPITULO



EMBRIOLOGIA Y MORFOLOGÍA DE LA PIEL DE LAS CRESTAS DE FRICCIÓN

KASEY WERTHEIM

CONTENIDOS

3 3.1 Introducción

4 3.2 Embriología: Estableciendo la Singularidad
y Formación de Patrón en la Formación
de la Piel en las Crestas de Fricción

5 3.3 Desarrollo de Extremidades

7 3.4 Diferenciación de la Piel de las
Crestas de Fricción

8 3.5 Formación de Cresta Primaria

11 3.6 Formación de Cresta Secundaria

13 3.7 Formación de patrón

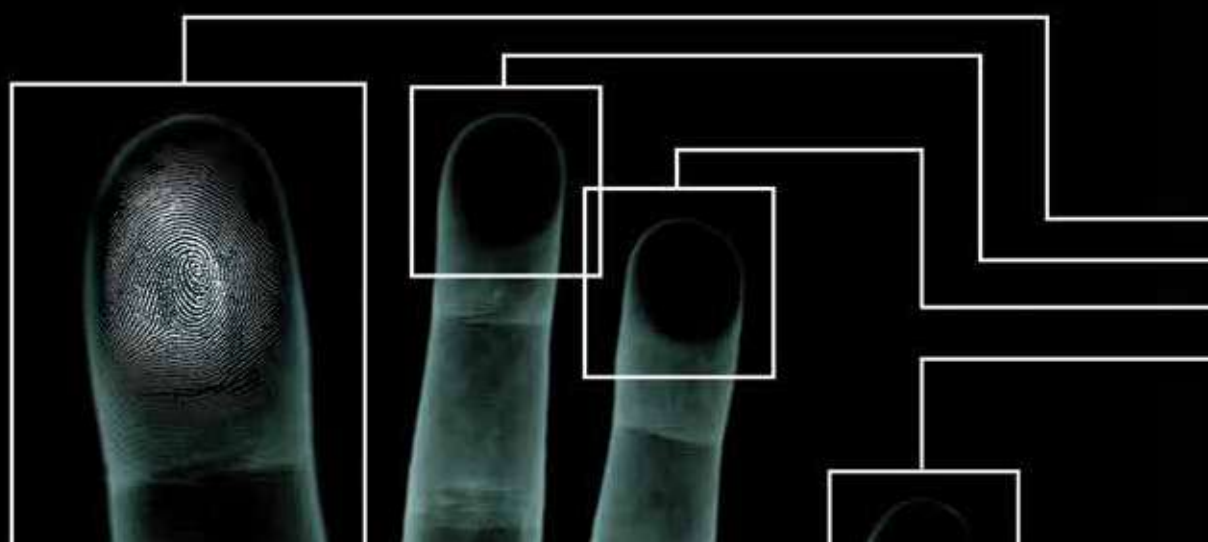
18 3.8 Genética

22 3.9 Singularidad:
Interferencia de Desarrollo

22 3.10 Resumen: Claves de
Singularidad y Formación
de Patrones

24 3.11 Revisores

24 3.12 Referencias





CAPÍTULO 3

EMBRIOLOGIA Y MORFOLOGÍA DE LA PIEL DE LAS CRESTAS DE FRICCIÓN

KASEY WERTHEIM

3.1 Introducción

La piel de las crestas de fricción tiene rasgos singulares que persisten desde el nacimiento hasta la descomposición después de la muerte. Al hacer contacto con una superficie los rasgos singulares de las crestas de fricción pueden dejar una impresión de los rasgos singulares correspondientes. Dos impresiones pueden ser analizadas, comparadas y evaluadas; si la calidad y cantidad suficiente están presentes (o ausentes) en un área correspondiente de ambas impresiones, un examinador competente puede efectuar la individualización o exclusión (identificar o excluir a un individuo). La metodología del análisis, comparación, evaluación y verificación (ACE-V) combinada con la filosofía de exámenes cualitativos y cuantitativos, proveen el marco para la aplicación práctica de la disciplina de revisión de las crestas de fricción. Pero en el fondo de la disciplina está el principio fundamental que permite conclusiones definitivas: la fuente de la impresión, la piel de las crestas de fricción, es singular y persistente.

Los datos empíricos recolectados por las comunidades médicas y forenses continúa validando la premisa de la singularidad y persistencia. Cien años de observaciones y estudios estadísticos han provisto documentación crítica de respaldo a estas premisas. Explicaciones detalladas de las razones detrás de la singularidad y persistencia son encontradas en referencias específicas que atienden facetas muy pequeñas de la biología subyacente de la piel con crestas de fricción. Este capítulo recopila estas referencias bajo un solo panorama para que el examinador de huellas latentes use como referencia para entender por qué la piel de las crestas de fricción es singular y persistente.

Las bases de la persistencia se encuentra en la morfología y fisiología; la epidermis reproduce fielmente las crestas tridimensionales debido a las adhesiones físicas y la regulación constante de la proliferación y diferenciación de las células. Pero las bases de la singularidad están en la embriología; los rasgos singulares de la piel se establecen aproximadamente

en la semana 10.5 y la 16 de la edad gestacional estimada (EGA) debido a la interferencia en el desarrollo.

3.2 Embriología: Estableciendo la Singularidad y Formación de Patrón en la Formación de la Piel en las Crestas de Fricción

3.2.1 Introducción a la Embriología

La singularidad de la piel de las crestas de fricción cae bajo un panorama más amplio de singularidad biológica. No hay dos partes exactamente iguales de ningún organismo vivo. Los factores intrínsecos y extrínsecos que afectan el desarrollo de un órgano individual, tal como la piel humana, son imposibles de duplicar, aun en áreas muy pequeñas. La singularidad de la piel se puede rastrear a los periodos, tardío embrionario y fetal temprano.

3.2.2 Desarrollo Embriológico Temprano: 0-2 Semanas EGA (Raven and Johnson, 1992, pág. 1158-1159)

El proceso de desarrollo embriológico comienza con la fertilización del ovulo y continua a través de un periodo de rápida división celular. En los óvulos mamíferos, una masa celular interna es concentrada en un polo, causando alteraciones con patrones durante la división. Aunque las células de ovulo contienen muchas sustancias diferentes que actúan como señales genéticas durante el desarrollo temprano del embrión, estas sustancias no están distribuidas de manera uniforme. En cambio, diferentes sustancias tienden a aglomerarse en sitios específicos dentro del embrión en crecimiento. Durante el crecimiento, sustancias señal son partidas en diferentes células hijas, dotándolas con diferentes instrucciones de desarrollo. De esta manera, el embrión está predispuesto a continuar desarrollándose con orientación celular singular.

3.2.3 Desarrollo Embriológico Tardío: 3-8 Semanas EGA (Raven and Johnson, 1992, pág. 1160-1164)

Los primeros resultados visibles de predisposición se pueden ver inmediatamente después de la división conforme diferentes genes son activados. Ciertos grupos de células se mueven hacia adentro al centro de la esfera en una migración bien orquestada llamada "gastrulación". Este proceso forma la distinción del tejido primario entre ectodermo, endodermo y

mesodermo. El ectodermo seguirá adelante a formar epidermis, incluyendo la piel de las crestas de fricción; el mesodermo formara tejido conectivo de la dermis, también como musculo y elementos del sistema vascular; y el endodermo formara órganos.

Una vez especializados, los tres tipos de células primarias empiezan su desarrollo en tejidos y órganos. El proceso de diferenciación de tejido comienza con la neurulación, o la formación del notocordio (el precursor de gran parte del sistema central nervioso del embrión). Bloques segmentados de tejido que se convierten en músculos, vertebras y tejido conectivo de ambos lados del notocordio. El remanente del mesodermo se mueve hacia afuera y alrededor del endodermo interno formando una cámara hueca que finalmente se convertirá en el forro del estómago e intestinos.

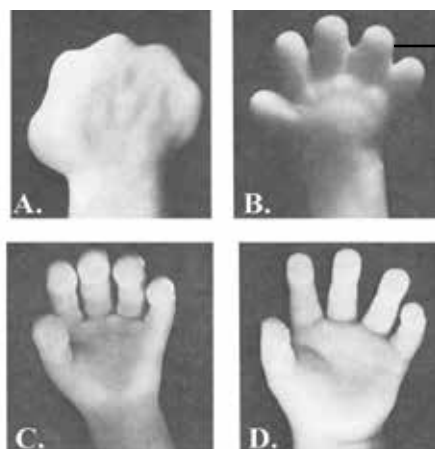
Durante el desarrollo embriológico tardío, el embrión pasa por la "morfogénesis," o en otras palabras el tomar su forma. Las extremidades se desarrollan rápidamente a partir de aproximadamente 4 semanas de EGA, y los brazos, piernas, rodillas, codos, dedos de las manos y pies se pueden ver en el segundo mes. Durante este tiempo la mano cambia de tener la forma de una paleta a la forma de adulto, incluyendo la formación de los dedos y la rotación del pulgar. También durante este periodo, inflamaciones de mesénquima llamados "almohadillas" aparecen en las palmas de las manos y las plantas de los pies. Dentro de la cavidad corporal, los principales órganos tales como el hígado, páncreas y vesícula se vuelven visibles. Para el final de la semana 8, el embrión ha crecido hasta cerca de 25 milímetros de longitud y pesa aproximadamente 1 gramo.

3.2.4 Crecimiento Fetal: 9-12 Semanas EGA

Durante el tercer mes, el sistema nervioso del embrión y sus sentidos sensoriales se desarrollan, y los brazos y piernas se comienzan a mover. Reflejos primitivos tales como chuparse perciben, y las expresiones faciales tempranas se pueden visualizar. Las crestas de fricción comienzan a formarse a partir de 10.5 semanas EGA aproximadamente y continúan a madurar en profundidad conforme el embrión pasa al segundo trimestre. De este punto en adelante el desarrollo del embrión esta esencialmente completo, y más maduración se le conoce como crecimiento fetal en vez de desarrollo embrionario.

3.2.5 Segundo Trimestre

El segundo trimestre está marcado por crecimiento significativo a 175 milímetros y aproximadamente 225 gramos.

**FIGURA 3-1**

El crecimiento de la mano progresa a partir de (A) de la forma de una pala (ampliación = 19.5 X), (B) continúa con la separación de los dedos (ampliación = 17.3 X) y (C) las almohadillas palmares se vuelven prominentes (magnificación = 7.7 X), y (D) alcanza la apariencia de un infante por 8 semanas EGA (ampliación = 4,2 X). (Reproducido con permiso de Cummins (1929).

El crecimiento óseo es muy activo, y el cuerpo es cubierto con una pelusa muy fina llamada lanugo, la cual perderá más tarde en su desarrollo. Conforme la placenta llega a su pleno desarrollo, esta secreta numerosas hormonas esenciales para el crecimiento óseo y energía del feto. Las almohadillas se retroceden y las crestas de fricción crecen hasta aproximadamente 16 semanas EGA, cuando las minucias se fijan.

3.2.6 Tercer Trimestre

En el tercer trimestre, el feto se duplica en peso varias veces. Impulsado por el torrente sanguíneo de la madre, las nuevas células cerebrales y tractos nerviosos se forman activamente. El crecimiento neurológico continúa mucho después del nacimiento, pero la mayor parte del desarrollo esencial ya ha tenido lugar en el primer y segundo trimestres. El tercer trimestre es principalmente un período de crecimiento protegido.

3.3 Desarrollo de la Extremidad

3.3.1 Desarrollo de la Mano

Durante las fases iniciales de la formación, la mano se somete a cambios significativos en la topografía. Hasta aproximadamente 5-6 semanas EGA, la mano aparece como una estructura plana parecida a una pala con pequeñas protuberancias de tejido que se convertirán en los dedos. De 6 a 7 semanas EGA, estas protuberancias de dedos en la placa de la mano comienzan a formar los músculos y el cartílago que se convertirá en el hueso en etapas posteriores de crecimiento de la mano (Figura 3-1).

De 7 a 8 semanas EGA, los dedos comienzan a separarse y el hueso comienza a "osificar" o endurecer. Por 8 semanas EGA, las articulaciones se empiezan a formar entre los huesos de

la mano, y la morfología de la mano externa parece similar en proporción a la de un bebé.

3.3.2 Desarrollo de la Almohadilla Palmar

Almohadillas palmares (Figura 3-2) son una inflamación transitoria de tejido denominado mesénquima debajo de la epidermis en la superficie de la palma de las manos y plantas de los pies del feto humano (Figura 3-3).

Las almohadillas interdigitales aparecen por primera vez, alrededor de 6 semanas EGA, seguido de cerca en el tiempo por las almohadillas tenar e hipotenar. Aproximadamente a las 7-8 semanas EGA, las almohadillas palmares comienzan a desarrollarse en las yemas de los dedos, empezando por el pulgar y progresando hacia el dedo meñique en el mismo gradiente radiocubital seguirá esa formación de la cresta. También en aproximadamente 8 semanas EGA, el pliegue tenar se empieza a formar en la palma, seguido por los pliegues de flexión de los dedos en torno a 9 semanas EGA (Kimura, 1991).

3.3.3 Almohadilla Palmar "Regresión"

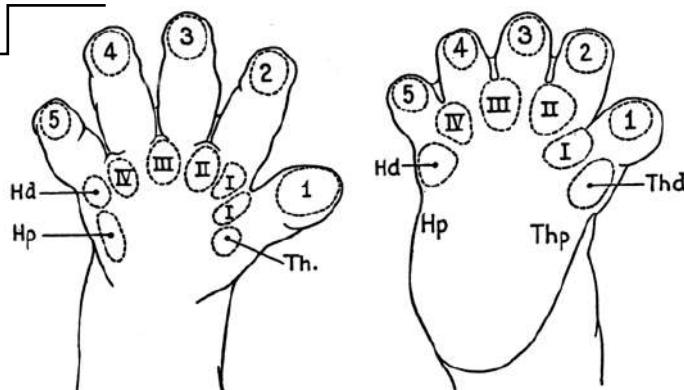
Las almohadillas permanecerán bien redondeadas durante su rápido crecimiento alrededor de 9-10 semanas EGA, después de lo cual comienzan a demostrar alguna variación individual en tanto forma y posición (Babler, 1987; Burdi et al, 1979; Cummins, 1926, 1929). Durante el período comprendido entre 8 a 10 semanas EGA, se consigue la rotación del pulgar (Lacroix et al., 1984, p 131). También en alrededor de 10 semanas EGA, los pliegues de flexión de los dedos de los pies comienzan la formación, seguidos a aproximadamente 11 semanas de EGA por el pliegue de flexión transversal distal en la palma de la mano, y como a las 13 semanas EGA por el

FIGURA 3-2

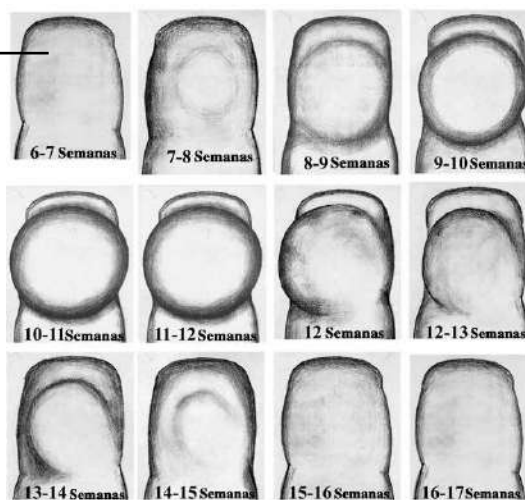
Una vista con un microscopio electrónico de barrido de baja potencia de una mano de un feto mostrando prominentes almohadillas en dígitos y palma. (Reimpreso con permiso de Carlson (1999), p152).

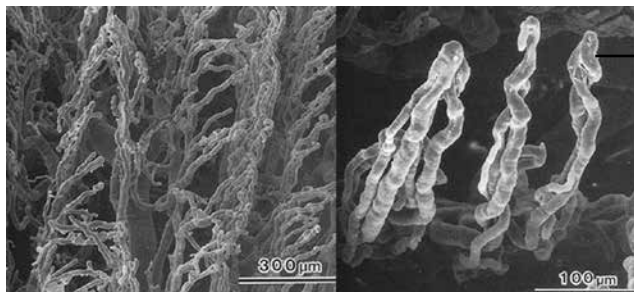
**FIGURA 3-3**

Normalmente, se desarrollan 11 almohadillas en cada extremidad (uno en cada dígito y seis en la superficie más grande de la palma o planta del pie). La almohadilla hipotenar de la palma se divide en las porciones distal (Hd) y proximal (Hp). La primer almohadilla inter dactilar también se divide en dos porciones, lo cual nos da un total de 13 posibles elevaciones en cada superficie. En las superficies de la planta del pie, las porciones proximales de la almohadilla hipotenar (Hp) y la almohadilla tenar (Thp) no están presentes, dejando 11 distintivas elevaciones en la planta. (Reimpreso con permiso de Cummins (1929) pág. 114.)

**FIGURA 3-4**

Los dibujos que representan un almohadilla del inicio de su formación hasta su retracción completa, excluyendo el crecimiento del tamaño del dedo. Los valores de EGA son altamente variables y son incluidos solo como aproximaciones en esta figura. (Reimpreso con permiso de Wertheim y Maceo (2002), p 61).



**FIGURA 3-5**

Micrografía de barrido electrónico de impresión en resina de la vasculatura del dedo de un hombre de 85 años muestra un complejo patrón de asas capilares en las crestas dérmicas. Magnificación aproximada =150X (izquierda) y 700X (derecha). (Reimpreso con permiso de Montagna et al. (1992).)

pliegue de flexión transversal proximal en la palma de la mano (Kimura, 1991)

Como resultado de la desaceleración del crecimiento de las almohadillas palmares, su contorno se vuelve progresivamente menos distintas en la superficie de más rápido crecimiento (Figura 3-4). Este proceso se ha definido como “regresión” (Lacroix et al., 1984, pp 131-133), pero es importante entender que la almohadilla no es en realidad una contracción; más bien, las almohadillas palmares son superadas por el crecimiento más rápido de la superficie circundante más grande. Las almohadillas de la palma comienzan a retroceder como a las 11 semanas EGA, seguidos de cerca por las almohadillas de los dedos. Por 16 semanas EGA, las almohadillas han fusionado completamente con los contornos de los dedos, palmas de las manos y plantas de los pies (Cummins, 1929, p 117).

3.4 Diferenciación de la Piel de las Crestas de Fricción

3.4.1 Desarrollo de la Epidermis

La epidermis primitiva se establece aproximadamente en la semana 1 EGA, cuando ectodermo y endodermo se definen por separado. Una segunda capa de epidermis se forma alrededor de la semana 4-5 EGA. La capa superior de tres es el peridermo. La capa de en medio la cual es el epidermis, está compuesta de queratinocitos basales (llamados así por las queratinas que estas células producen). A las 8 semanas EGA, las células basales entre la epidermis y la dermis comienzan a dividirse consistentemente y dan origen a células hijas que se mueven verticalmente para formar la primera de las capas intermedias (Holbrook, 1991b, p64). En este punto la epidermis embrionaria es de tres a cuatro células de espesor, pero aun es lisa en sus superficies interiores y exteriores. Los queratinocitos están estrechamente ligados el uno al otro por desmosomas, ya las células de la capa basal esta sujetadas a la membrana basal por hemidesmosomas (Holbrook,

1991^a, p 5).

3.4.2 Desarrollo de la Dermis

Los primeros componentes dérmicos en originarse del mesodermo son fibroblastos. Estas células de ramificaciones irregulares secretan proteínas dentro de la matriz entre las células. Los fibroblastos sintetizan componentes estructurales (colágeno y elásticas) que forman la matriz de tejido conectivo de la dermis. Durante el periodo de 4-8 semanas EGA, muchas de las estructuras dérmicas comienzan su formación. Las fibras elásticas aparecen por primera vez alrededor de la semana 5 EGA a nivel ultraestructural en pequeños conjuntos de 20 o menos fibrillas (Holbrook, 1991b, pág. 64-101). El desarrollo de nervios ocurre en diferentes etapas a partir de la semana 6 EGA en adelante. Los conjuntos neurovasculares y axonas con conos de crecimiento son vistos en la dermis en desarrollo tan temprano como la semana 6 EGA (Moore y Munger, 1989, pág. 128-130). De hecho, los axonas pueden ser rastreados a los niveles superficiales de la dermis y en algunos casos se asemejan a la lámina basal de la epidermis. Para la semana 9 EGA la inervación (la aparición de terminales nerviosas) de la epidermis ha comenzado a ocurrir, aunque hay algunas células Merkel en la epidermis que aún no están asociadas a axomas. En los embriones de más de 10 semanas EGA, las células Merkel predominan en la dermis en desarrollo, y sus axonas relacionados y neurofilamentos están presentes en la dermis (Moore y Munger, 1989, pág. 127; Smith y Holbrook, 1986).

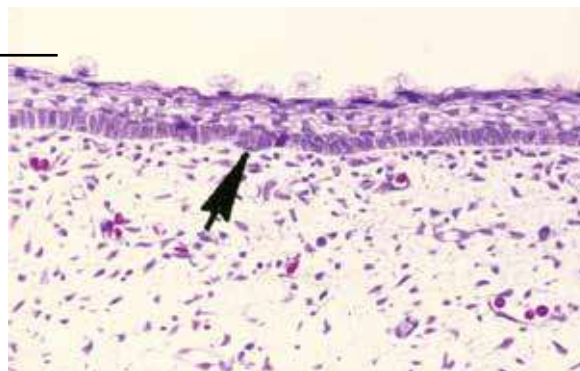
La dermis se torna distinguible del tejido subcutáneo más profundo debido en gran parte a la red horizontal de vasos capilares. De 8-12 semanas EGA, los vasos se organizan de la mesénquima dérmica y portan oxígeno muy necesitado y hormonas a la parte baja de la epidermis en desarrollo. A diferencia de otras estructuras epidérmicas, los vasos sanguíneos continúan alterándose con el envejecimiento, conforme algunas asas capilares se pierden y nuevas surgen de la red interpapilar. Esto continúa hasta la madurez (Figura 3-5) (Smith

FIGURA 3-6

Una reconstrucción de la primera ondulación tridimensional que ocurre en la parte inferior de la epidermis de la palma fetal en la unión dermo-epidérmica. (Ilustrado por Brandon Smithson. Redibujado de Hale (1952), pág. 152.)

**FIGURA 3-7**

Un corte transversal histológico de piel de la palma fetal de 10.5 semanas EGA en el inicio rápido de la proliferación celular localizada. (Imagen provista por William Babler.)



y Holbrook, 1986).

Una segunda red vascular se forma en lo profundo de la dermis reticular alrededor de la semana 12 EGA. A diferencia de las crestas primarias en desarrollo, la red vascular no es una estructura permanente. Hay una reorganización importante de los lechos capilares durante el periodo de las semanas 8-20 EGA para mantener el paso del crecimiento de la piel; aun después del nacimiento, la microcirculación se continua formando y remodela (Holbrook, 1991b, pág. 100; Smith y Holbrook, 1986).

3.5 Formación de Cresta Primaria

3.5.1 Comienzo de la Formación de la Cresta Primaria

Alrededor de 10 a 10,5 semanas EGA, las células basales de la epidermis comienzan a dividirse rápidamente (Babler, 1991, pág. 98; Holbrook and Odland, 1975, pág. 17). Como las células epidérmicas palmares dividen, forman "crestas" superficiales (Hale, 1952) se pueden ver en la parte inferior de la epidermis. Estas repisas delinean el patrón general que llegarán a establecerse de forma permanente en las superficies palmares en semanas consecutivas (Babler, 1991, pág. 101; Evatt, 1906) Las crestas primarias son la primera evidencia visual de la interacción de la dermis y epidermis estas son

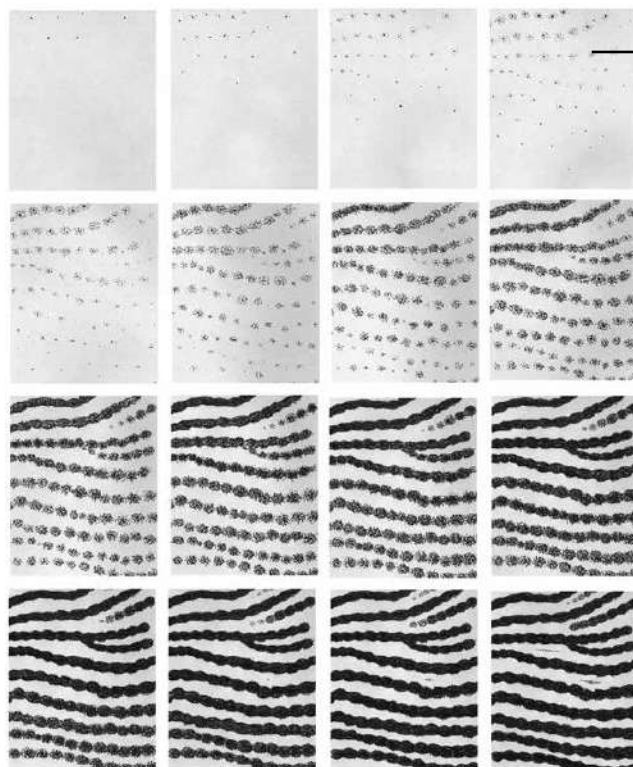
vistas primero formando crestas continuas (Figura 3-6).

La teoría predominante de los eventos antes de la visualización de la estructura de arista principal implica centros de proliferación celular activa (Figura 3-7), que se convertirán en los centros de desarrollo de las glándulas sudoríparas (Babler, 1991, pág. 98).

Según esta teoría, las "unidades" de células que se multiplican rápidamente aumentan de diámetro, un poco al azar, cada vez uno dentro de otro (Figura 3-8) a lo largo de líneas de alivio perpendicular a la dirección de compresión.

Además, según esta teoría, como la serie de proliferaciones localizadas se "fusionan" juntas, las crestas lineales resultantes a partir de que se dividen rápidamente las células epidérmicas se pliegan en la dermis, la creación de la primera estructura de cresta visible en la unión dermo-epidérmica (Ashbaugh, 1999, pág. 79). Otra teoría plausible es que los nervios en desarrollo pueden interactuar con las células epidérmicas para estimular las interacciones en clúster que se mezclan juntos en las primeras etapas de desarrollo cresta.

En el momento de la formación de crestas de fricción embrionario, los sistemas nervioso central y cardiovascular están atravesando un período crítico del desarrollo (Hirsch, 1964). Los investigadores han informado de la inervación en los sitios de formación de la cresta inmediatamente anterior a la aparición de crestas de fricción y sugieren que la inerva-

**FIGURA 3-8**

Estos dibujos representan la teoría de que justo antes de la formación de la cresta, proliferaciones celulares localizadas crecen juntos en lo que aparecerá como crestas en torno a las 10,5 semanas EGA.

(Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 49.)

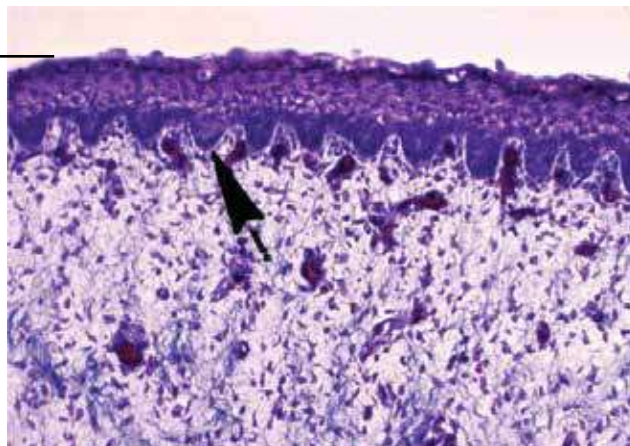
ción podría ser el mecanismo de activación para el inicio de la proliferación (Bonnevie, 1924; Dell y Munger, 1986; Moore y Munger, 1989). Varios investigadores incluso postulan que el patrón de los pares capilar-nerviosas en la unión de la epidermis y la dermis es la causa directa de la alineación de la cresta primaria (Dell y Munger, 1986; Hirsch y Schweichel, 1973; Moore y Munger, 1989; Morohunfolá et al., 1992).

Las primeras investigaciones sobre la distribución del patrón establecido "campos de desarrollo," o agrupaciones de los dedos en la que los patrones tenían una mayor tendencia a ser similares (Meier, 1981; Roberts, 1982; Siervogel et al., 1978). Descubrimientos posteriores confirmaron la relación neurológica de la médula espinal secciones C-6, C-7 y C-8 a la innervación de los dedos (Heimer, 1995). En concreto, Kahn y sus colegas (2001) informaron que un gran conteo de crestas de entre los dedos 4 y 5 controlados por la C-8 puede predecir una mayor proporción entre cintura y muslo y, por lo tanto, un mayor riesgo de algunas de las principales enfermedades crónicas tales como enfermedades del corazón, cáncer y diabetes. Otras hipótesis interesantes se han publicado sobre la conexión entre la innervación y el patrón crestas de fricción, pero la principal consideración a los efectos de la formación de crestas de fricción es que las partes específicas del sistema nervioso se están desarrollando al mismo tiempo que las crestas comienzan a aparecer en la superficie de las manos.

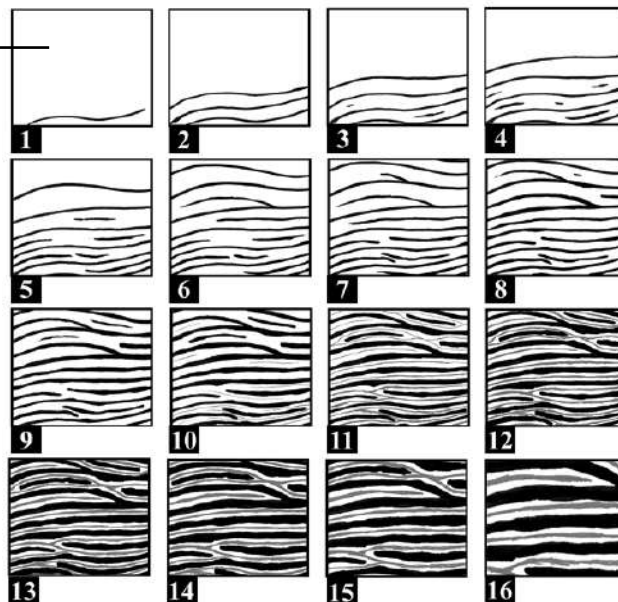
La presencia de nervios y capilares en la dermis antes de la formación de crestas de fricción puede ser necesario para la proliferación de las crestas de fricción. Parecería que las producciones simultáneas complejas tales como la formación de crestas de fricción se beneficiarían de estar en comunicación con el sistema nervioso central o los sistemas de exocrina (hormona) y endocrino (Smith y Holbrook, 1986). Sin embargo, es dudoso que los nervios o capilares establecen independientemente un mapa que determina directamente el flujo de las crestas de fricción en desarrollo. Parece más probable que la alineación de los nervios y capilares está dirigida por las mismas tensiones y deformaciones en la mano en desarrollo, establecen la alineación de las crestas (Babler, 1999; Smith y Holbrook, 1986). Es bien reconocido en la biología celular que la presión física en un sistema celular puede desencadenar cambios electroquímicos en ese sistema. Las células de Merkel ocupan la epidermis justo antes de la innervación a lo largo de esas vías (Holbrook, 1991a), lo que sugiere que incluso antes de la formación de crestas, las tensiones creadas por las diferentes tasas de crecimiento de la dermis y la epidermis están causando el crecimiento celular diferencial a lo largo de líneas invisibles que delinean las características de patrón (Loesch, 1973). Independientemente del mecanismo de disparo para controlar el inicio de la primera proliferación de arista principal de la propagación de crestas primarias continúa rápidamente.

FIGURA 3-9

Sección transversal histológica de la piel palmar fetal entre 10,5 y 16 semanas EGA. Durante este tiempo, las crestas primarias (como marcado por la flecha) aumentan en profundidad y amplitud. (Imagen suministrada por William Babler.)

**FIGURA 3-10**

Los dibujos que ilustran la formación teórica de minucias que surgen de la expansión de la superficie durante la etapa crítica (marcos 1-10) y continuando a aumentar de tamaño después de la formación secundaria de la cresta (cuadros 11-16). (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 51.)



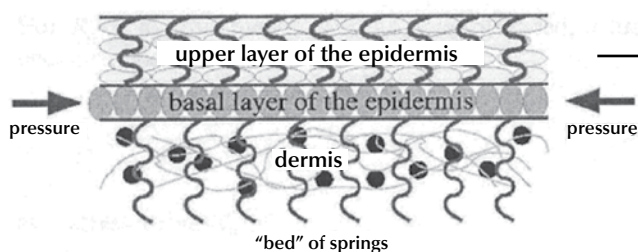
3.5.2 Propagación de la Formación de Cresta Primaria

Las crestas primarias maduran y se extienden profundamente en la dermis (Figura 3-9) para un período de aproximadamente 5,5 semanas, desde su inicio en 10,5 semanas EGA hasta aproximadamente 16 semanas EGA. El crecimiento celular durante esta fase de desarrollo es a lo largo de la arista principal, en lo que se ha denominado el “compartimento proliferativo”. El compartimento proliferativo abarca basal y algunas células supra basales, en última instancia, gobernada por las células madre, y es responsable de la producción de nuevas células de la piel de la capa basal de la piel (Lavker y Sun, 1983).

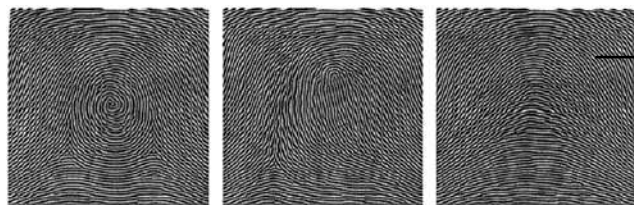
3.5.3 Formación del Minucias

Aunque los mecanismos exactos para la formación de pequeños detalles no están claros, los datos por separado de muchos investigadores que han examinado el tejido fetal permiten una reconstrucción bastante exacta de la morfogénesis de crestas de fricción en las sucesivas etapas del proceso de desarrollo. Figura 3-10 ilustra el proceso de formación de minucias como la hipótesis de un consenso general de la literatura.

Muchos acontecimientos ocurren durante este período de rápido crecimiento de arista principal. El dedo se expande rápidamente, nuevas crestas primarias se forman a través del dedo y las crestas primarias existentes comienzan a separarse debido al crecimiento del dígito. Como crestas

**FIGURA 3-11**

Un dibujo que representa el estado de la frontera epidérmica-dérmica antes de la formación de la cresta. (Reproducido con permiso del Kücken y Newell (2005), p 74.)

**FIGURA 3-12**

Las simulaciones por ordenador que demuestra que limita los campos de esfuerzos a través de una superficie esférica tridimensional como de patrones de huella dactilar. (Reproducido con permiso del Kücken y Newell (2005), p. 79.

existentes se separan, la tendencia de la superficie a tener una demanda constante de formar nuevas crestas. Hale informa que las nuevas crestas se alejan de crestas primarias existentes para llenar estos vacíos, la creación de las bifurcaciones por separación mecánica. La finalización de las crestas se forman cuando una cresta en desarrollo se convierte en sándwich entre dos crestas establecidas. Según esta teoría, “fusión entre crestas adyacentes [que ya se han formado] parece improbable, aunque no hay evidencia a favor o en contra de este proceso de” (Hale, 1952, p 167).

Otros modelos explican detalles de la cresta en la naturaleza como un esquema de reacción de supresión química en la que los morfógenos reaccionan y se difunden a través de las células, causando patrones espaciales (Murray, 1988, p 80). Según estos modelos, las hormonas circulan primero a través de capilares recién formados justo antes de la formación de cresta en la epidermis, que ofrece otro factor potencial en la génesis de la formación de la cresta (Smith y Holbrook, 1986).

Un modelo reciente del proceso de morfogénesis de cresta de fricción se ha comparado a la inestabilidad mecánica (Kücken y Newell, 2005). Sobre la base de la hipótesis de plegado de Kollmann (1883) y Bonnevie (1924), Kücken y Newell (2005) considera que la capa basal como “una lámina elástica sobre amortiguada atrapado entre los tejidos vecinos de la capa de la epidermis y la dermis intermedia”, que ellos modelan matemáticamente como “camas de muelles débilmente no lineales” (Figura 3-11).

Sus modelos de programa de ordenador los resultados de forzar tensión de compresión suficiente para provocar una inestabilidad de pandeo en una hoja elástica tridimensional virtual limitada por límites fijos en dos lados. Los modelos de crestas resultantes son similares a los tres principales tipos de patrones de huellas dactilares orientados por el límite superior fijo del lecho ungueal y el límite fijo inferior del pliegue de flexión interfalángica distal (Figura 3-12).

Independientemente del mecanismo exacto de la formación de las minucias (mecánico o estático; fusión o química), la ubicación exacta de cualquier bifurcación o final de la cresta en el campo de desarrollo de cresta en particular está gobernada por una serie aleatoria de fuerzas infinitamente interdependientes actúa a través de esa zona particular de la piel en ese momento crítico. Pequeñas diferencias en la tensión mecánica, medio fisiológico, o la variación en el tiempo de desarrollo podrían afectar significativamente a la ubicación de minucias en esa área de la piel.

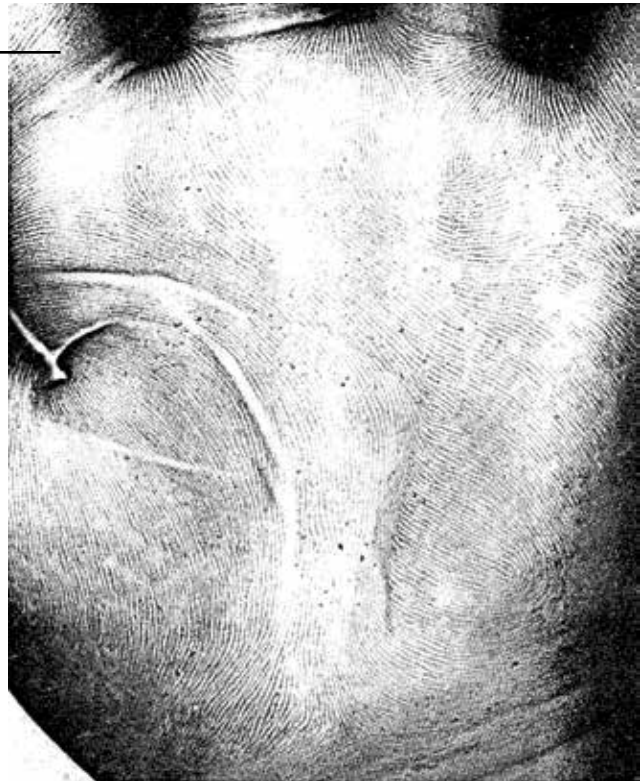
3.6 Formación de Cresta Secundaria

3.6.1 Inicio de la Formación de la Cresta Secundaria

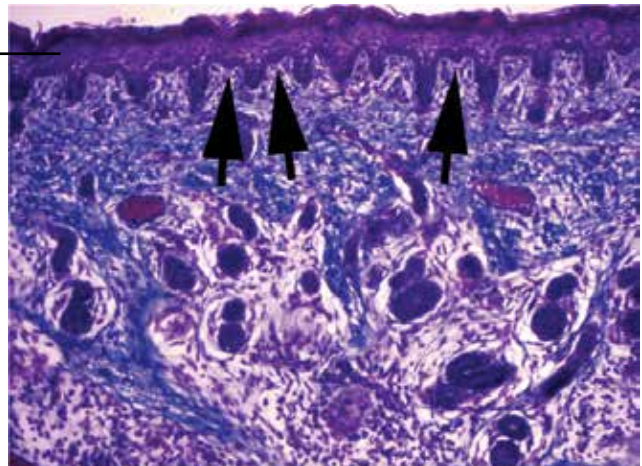
A la semana 15 EGA, las crestas primarias están experimentando un crecimiento en dos direcciones: la penetración hacia abajo de las glándulas sudoríparas y el empuje hacia arriba del crecimiento de nuevas células. En general, toda la

FIGURA 3-13

Imagen de una palma del feto de 14 semanas EGA teñido con azul de toluidina. (Reproducido con permiso del Okajima (1982), p 185 (sin ampliación dada).)

**FIGURA 3-14**

Una sección transversal histológico de la piel palmar fetal representa el inicio de la formación secundaria de la cumbra entre maduración crestas primarias (como marcado por las flechas) a aproximadamente 16 semanas EGA. (Imagen suministrada por William Babler.)

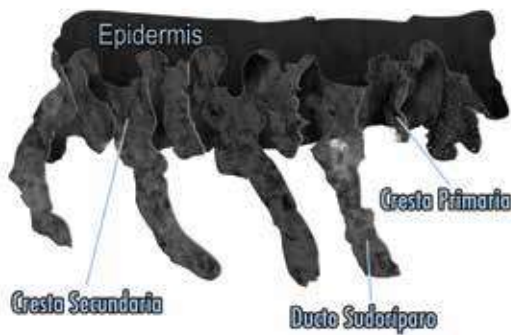


superficie esta crestada para las 15 semanas EGA. Okajima (1982) muestra una palma completamente surcado de a 14 semanas de edad feto (Figura 3-13).

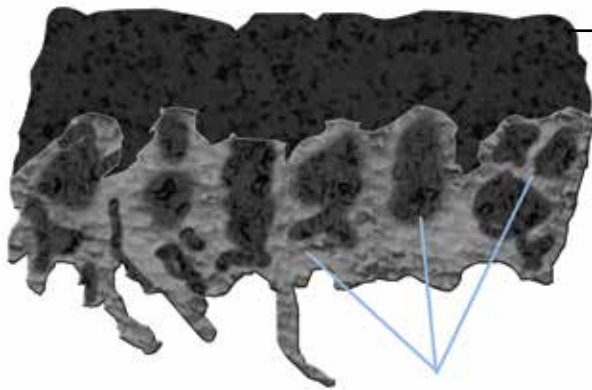
Entre 15 y 17 semanas EGA, crestas secundarias aparecen entre las crestas primarias en la parte inferior de la epidermis (Babler, 1991, pág. 98). Crestas secundarias son también proliferaciones celulares resultantes en pliegues de la epidermis basal. En este momento en el desarrollo fetal, las minucias ubicadas al azar dentro del patrón de crestas de fricción se hacen de forma fija (Hale, 1952, pág. 159-160), que marca el final de la nueva formación de la cresta primaria (Figura 3-14) (Babler, 1990, p 54).

3.6.2 Propagación de la Formación de la Cresta Secundaria

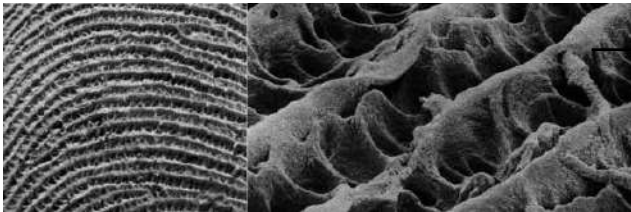
Conforme las crestas secundarias se forman la baja y aumentan la superficie de apego a la dermis, las crestas primarias están empujando a las células hacia la superficie para mantener el ritmo con la mano cada vez mayor. Estas dos fuerzas, además de la adhesión celular, causan invaginación de las capas epidérmicas por encima del sitio de unión de las crestas secundarias (Hale, 1952). Como crestas secundarias consiguen madurarse de 16 a 24 semanas EGA, esta estructura se refleja progresivamente en la superficie de

**FIGURA 3-15**

Una reconstrucción de las crestas secundarias que continúan formando en la parte inferior de la epidermis fetal entre crestas primarias existentes con conductos de sudor. (Dibujo de Brandon Smithson. Vuelva a extraer de Hale (1952), p 153.)

**FIGURA 3-16**

Una reconstrucción de la parte inferior de la epidermis de la piel palmar fetal que representa anastomosis puenteando crestas primarias y secundarias y acordonando secciones de la dermis que permanecen sobresale hacia arriba como "papilas dérmicas" o "clavijas de papilas". (Dibujo de Brandon Smithson. Redibujado por Hale (1952), pág. 154.)

**FIGURA 3-17**

Una vista de microscopio electrónico de barrido de la compleja estructura inferior de la epidermis como la dermis humana se ha removido (invertida). Ampliación (aproximado) = 8 X (izquierda) y 80 X (derecha). (Reproducido con permiso del Montagna y Parakkal (1974), pág. 34-35.)

la piel crestas de fricción como los surcos (Burdí et al., 1979, pag. 25-38) (Figura 3-15).

3.6.3 La Formación de Papilas Dérmicas

Las papilas dérmicas son los residuos de la dermis que sobresalen hacia arriba en la epidermis cuando la anastomosis crea un puente entre las crestas primarias y secundarias (Figuras 3-16 y 3-17). Comienzan a formarse aproximadamente a las 23 semanas de EGA (Okajima, 1975) y continúan haciéndose más complejas a lo largo de la formación fetal e incluso en la edad adulta (Chacko y Vaidya, 1968; Misumi y Akiyoshi, 1984).

3.7 Formación de Patrón

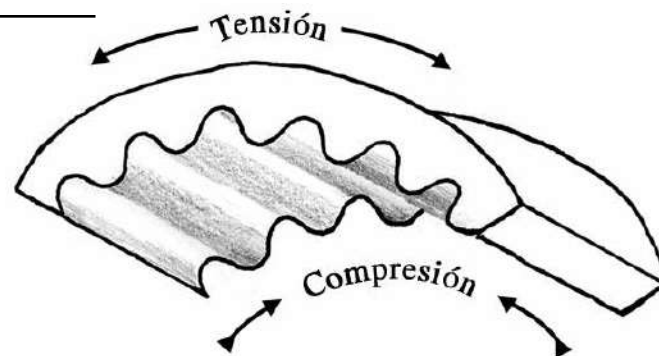
3.7.1 Forma de la Almohadilla

Se observa en todo el mundo físico que las crestas tienden a alinearse perpendicularmente a la compresión física través de una superficie (figura 3-18).

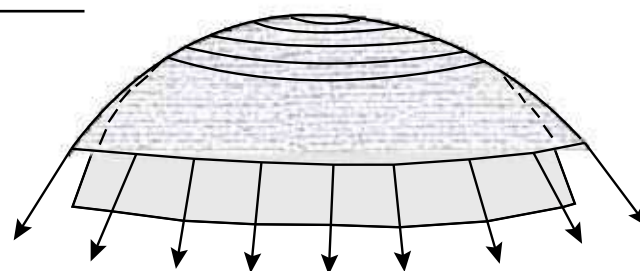
Las crestas se forman también transversalmente a las líneas de tensiones de crecimiento en la piel de fricción. El crecimiento predominante de la mano es longitudinal (a lo largo) y crestas cubren típicamente la superficie transversalmente (de lado a lado). Este fenómeno se observa en el flujo de crestas a través de las falanges.

FIGURA 3-18

Cuando se aplica tensión a través de la parte superior de una membrana semiflexible, las fuerzas de compresión se producen en la parte inferior. El relieve natural de las fuerzas de compresión crea crestas que forman transversalmente a la tensión. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 57.)

**FIGURA 3-19**

El loxódromo resulta cuando una película elástica se estira de manera uniforme sobre un hemisferio. Las crestas forman concéntricamente alrededor del ápice de la disrupción de la membrana. La fórmula matemática para este patrón se puede encontrar en el cálculo tensor, un campo que ofrece una gran promesa en la predicción de formación de la cresta a través de superficies palmares. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 62.)



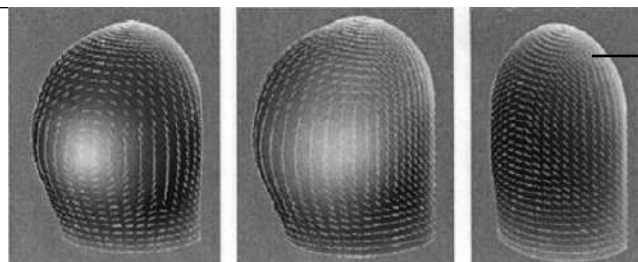
Bonnevie hipotetizó por primera vez en 1924 que la altura de la almohadilla palmar afecta los patrones de las crestas fricción (Bonnevie, 1924, pág. 4). Las interrupciones en la forma de la superficie palmar de las manos y pies crean tensiones en direcciones distintas a la longitudinal. Las crestas fluyen de una forma compleja a través de estas estructuras tridimensionales.

La distinción entre el tamaño, altura y forma de la almohadilla palmar, y los efectos de las diferencias de cada uno de estos elementos en un patrón de crestas de fricción, es un tema difícil de estudiar (Chakraborty, 1991; Jamison, 1990; Mavalwala et al., 1991). Sin embargo, casi todas las investigaciones apuntan a la conclusión de que la forma de la almohadilla palmar influye en la tensión de la piel que dirige la alineación Ridge. Existe un punto de vista contrario a esta conclusión. En 1980, Andre G. de Wilde propuso la teoría de que la formación de patrones se dirige mucho más temprano en la vida del feto, antes de formar almohadillas palmares, mientras que la mano se encuentra todavía en una forma a remos (De Wilde, 1980). Se planteó la hipótesis de que las crestas dirigen el tamaño y la forma de las almohadillas palmares. Sin embargo, no se pudo encontrar ningún apoyo a esta teoría de algún otro teórico o empírico. El resto de la investigación indica que crestas de fricción se alinean de acuerdo con la

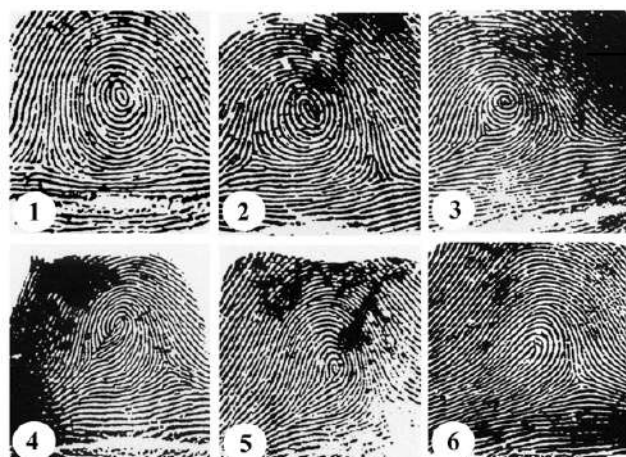
almohadilla según su forma y simetría en aproximadamente 10,5 semanas EGA.

3.71.1 Almohadilla simétrica. El crecimiento y la regresión de las almohadillas palmares producen tensiones físicas variable a través de la superficie que afectan a la alineación de las crestas como los rebordes primero comienzan a formarse. Si el flujo de crestas se ajustará a una espiral o un patrón de bucle aparece altamente correlacionada con la simetría de la tensión a través de la superficie del dedo. Si la almohadilla palmar y otros elementos de crecimiento dedo son simétricas durante el inicio de la formación de arista principal y, a continuación, el resultado patrón simétrico (a verticilo o un arco). Las crestas se forman concéntricamente alrededor del vértice de una almohadilla que es alto y redondo cuando la capa de generación de fricción de la piel cresta primero comienza a producir rápidamente las células de la piel. El flujo de crestas de una almohadilla simétrica concuerda con el modelo de navegación de la loxodromía (Figura 3-19) (Mulvihill y Smith, 1969; Elie, 1987). La investigación, tanto en el ámbito médico y matemático sugiere que este mismo modelo físico se aplica en toda la superficie palmar de las manos y los pies (Cummins, 1926, 1929; Loesch, 1973; Penrose y O'Hara, 1973).

3.71.2 Almohadilla asimétrica. El grado de asimetría de la almohadilla del dedo es cuando las crestas comienzan a

**FIGURA 3-20**

Los modelos de computadora que demuestran puntos de campo de dirección (las marcas de punto) que estiran en la dirección del esfuerzo. El punto blanco ilustra el grado de tensión de compresión y la ubicación en la formación de la cresta se lleva a cabo primero (centro de la porción blanca representa el ápice de la almohadilla). (Reproducido con permiso del Kücken y Newell (2005), p 79.)

**FIGURA 3-21**

Seis patrones de huellas dactilares diferentes de diferentes individuos, que representan el continuo de simetría almohadilla en el inicio de la proliferación de las crestas de fricción, que van desde (1) casi simétrica a (6) muy desplazada. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 69.)

formarse por primera vez determinando la asimetría del tipo de patrón. Muchos investigadores han informado de que las almohadillas asimétricas se “inclinan” y forman patrones en bucle y que las almohadillas palmares bajas o ausentes forman patrones de arco (Cummins, 1926, p 138). Babler quizás llevó a cabo la validación más científica de la correlación entre la simetría de almohadilla y del tipo de diseño a través de un extenso examen de abortos fetales (Babler, 1978).

Cummins publicó un extenso análisis de las manos deformes para demostrar el efecto del crecimiento y la topología de la mano en dirección de la cresta (Cummins, 1926).

Cummins también concluyó que la dirección Ridge es establecido por los contornos de las manos y los pies en el momento de formación de la cresta. Penrose examinó la formación de patrones de crestas de fricción desde una perspectiva matemática, llegando a la misma conclusión (Loesch, 1973; Penrose y Plomley, 1969). Más recientemente, Kücken y Newell (2005) modelan campos de tensión a través de superficies delimitadas tridimensionales, esféricas virtuales, creando modelos de crestas relativamente precisos en apariencia (Figura 3-20).

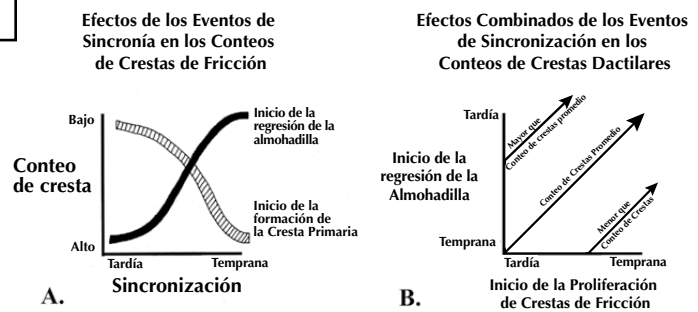
Si los factores de crecimiento y otra almohadilla palmar del dedo son asimétricas durante la etapa crítica, entonces ese

mismo grado de asimetría se refleja en el flujo de crestas de la pauta resultante. Este proceso biológico no puede ser considerada como limitada a los extremos de la almohadilla de regresión, que se producen o bien completamente simétrica o asimétricamente (se inclina todo el camino a un lado). De hecho, hay una continuidad involucrada de los patrones verticilo a patrones de bucle. Figura 3-20 Los modelos de computadora que demuestran puntos de campo de dirección (las marcas Tic) estiran en la dirección del esfuerzo. El punto blanco ilustra el grado de tensión de compresión y la ubicación en la formación de la cresta se lleva a cabo primero (centro de la porción blanca representa el ápice de la almohadilla). (Reproducido con permiso del Kücken y Newell (2005), p79.) Figura 3-21 ilustra varios patrones de diferentes individuos cuyas almohadillas volares eran teóricamente del mismo tamaño aproximado a la etapa crítica (es decir, las almohadillas palmares tenían recuentos de crestas similares), pero difieren en su grado de simetría.

Sutiles variaciones en la simetría de una almohadilla podrían afectar a la formación de un patrón de espiral en comparación con un patrón de espiral de bucle con bolsillo central, o un patrón de espiral de bucle bolsillo central frente a un patrón de bucle. Cualquiera de los numerosos factores genéticos o ambientales presentes durante la etapa crítica podría causar

FIGURA 3-22

El gráfico A ilustra los efectos de dos eventos de temporización independientes en el recuento de crestas resultante de un patrón de crestas de fricción. El gráfico B ilustra sus efectos combinados sobre el recuento de patrón de cresta. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 65.)



una ligera desviación en la simetría de desarrollo normal de la almohadilla y, por lo tanto, afectar el tipo de patrón resultante.

3.7.2 Tamaño de almohadilla

3.7.2.1 Tamaño de patrón. El tamaño, particularmente la altura, de la almohadilla palmar durante la formación de arista principal afecta al recuento de crestas desde el núcleo hasta el delta de los patrones de crestas de fricción normales (Bonnevie, 1924; Mulvihill y Smith, 1969; Siervogel et al., 1978). Los investigadores han observado que las crestas que se forman en las almohadillas volares altas y pronunciadas se amoldan a la superficie como patrones verticilo de alta cuenta. Por el contrario, las crestas que se forman en un dedo con una almohadilla palmar baja o ausente crean bajo recuento o patrones de tipo arco (Babler, 1987, pág. 300-301). Holt (1968) informó que el recuento de crestas total de dedo (TFRC) de los 10 dedos, tomadas por la adición de los recuentos de crestas desde el núcleo hasta el delta en bucles, o el núcleo hacia el delta radial en verticilos, es la característica más heredable en dermatoglia. Esta información combinada apunta directamente a la conclusión de que los eventos de temporizaciones relacionadas con almohadilla palmar y la formación de crestas de fricción afectan los patrones de crestas de fricción.

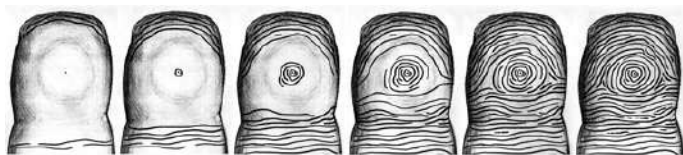
3.7.2.2 Eventos de sincronía. El recuento de crestas de un patrón de crestas de fricción se relaciona con dos eventos diferentes: el tiempo de la aparición de la regresión de la almohadilla palmar y el momento de la aparición de la formación de la cresta primaria. Las diferencias en el calendario de cualquier caso afectarán al recuento de crestas de ese patrón particular. Por ejemplo, la aparición temprana de la regresión de la almohadilla conduciría a una almohadilla que estaba en un estado más retrocedido en el momento de la aparición de la formación de la cresta primaria, y un patrón relativamente cuenta de crestas bajo (o arco) probablemente resultaría. Por el contrario, de aparición tardía general de la

regresión de la almohadilla significaría que la almohadilla era todavía relativamente grande cuando crestas primarias comenzaron a formar, y un patrón de alta cuenta de crestas daría como el resultado más probable (Figura 3-22). Esta teoría es apoyada por un estudio que encontró que "afinadores tardías" tuvieron mayor que el promedio el número de crestas, y los "maduradores tempranos" tenían menor que el promedio el número de crestas (Meier et al., 1987).

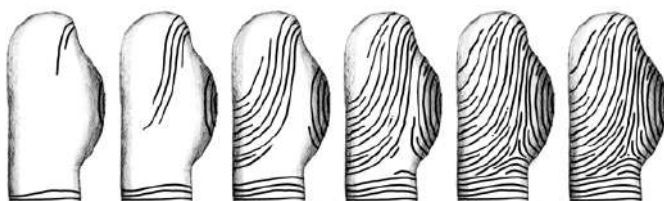
Si el inicio de la regresión almohadilla palmar se produjo a la hora normal, entonces un inicio antes de lo normal de la formación de arista principal se produciría en una almohadilla más grande que la media, lo que lleva a un conteo más alto que el promedio de crestas. De igual manera, un inicio después que el promedio de la formación de arista principal se produciría en una almohadilla palmar más pequeño de lo normal, dando lugar a un recuento inferior a la media de la cresta (Figura 3-22A). Cuando tanto tiempo temprana y tardía de ambos factores se tienen en cuenta, los resultados son aún más complejos (Figura 3-22B).

Para hacer las cosas aún más complejas, el tamaño de la almohadilla con respecto al dedo también se ve afectada por muchos factores. La ingesta de la dieta y química de la madre (Holbrook, 1991b), los niveles de hormonas (Jamison, 1990), los niveles de radiación (Bhasin, 1980), así como otros factores que afectan la tasa de crecimiento del feto durante la etapa crítica todos puedan afectar indirectamente al conteo de las crestas de fricción en desarrollo en el dedo. Es importante recordar que cualquier cosa que afecta a la tensión a través de la superficie del dedo podría afectar a la alineación de cresta y patrón de tipo resultante. Sin embargo, los hallazgos de Holt parecen indicar que los eventos de sincronización, en lugar de los factores ambientales, desempeñan el papel dominante en la determinación TFRC (Holt, 1968).

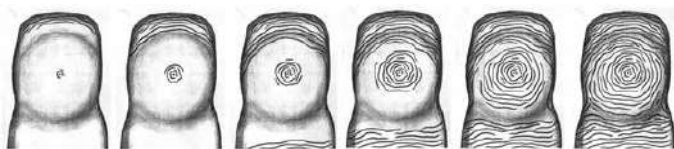
3.7.2.3 Desplazamiento delta. El inicio de la proliferación celular, que se inicia la formación de arista principal, se produce

**FIGURA 3-23**

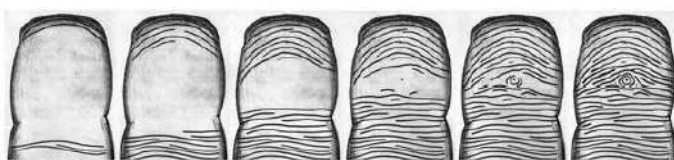
Un dibujo que representa las ubicaciones de partida normales de formación de la cresta y la cobertura posterior través de la superficie de un dedo. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 66.)

**FIGURA 3-24**

Un dibujo que representa una manera fácil de visualizar cómo los deltas se forman a partir de tres campos de cresta convergentes. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 66.)

**FIGURA 3-25**

Un dibujo que muestra la evolución probable de las crestas en un patrón de alto conteo. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 67.)

**FIGURA 3-26**

Un dibujo que muestra la evolución probable de las crestas en un patrón de bajo conteo de crestas. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 67.)

primero en tres áreas distintas: (1) el ápice de la almohadilla (que corresponde al núcleo del patrón de huella dactilar); (2) la periferia distal, o la punta del dedo (cerca del lecho ungueal); y (3) la zona distal de flexión interfalángica pliegue (por debajo de la delta (s) en una huella dactilar) (Figura 3-23).

Como formación de la cresta continúa, nueva proliferación se produce en los bordes de los campos de cresta existentes en las zonas que aún no muestran la formación de arista principal. Estos tres “campos” de las crestas convergen mientras se forman, reuniéndose en la zona del delta del dedo. Este proceso de forma de onda de tres campos convergentes permite la visualización de cómo las deltas se forman más probablemente (Figura 3-24).

El concepto de “convergencia de los campos de la cresta” también ofrece una manera de visualizar la diferencia entre la formación de patrones de alto conteo de cresta versus patrones de bajo conteo de cresta. Se comienzan a formar crestas en el ápice (centro) de la almohadilla primero y proceden hacia el exterior antes de la formación comienza

en las zonas de la punta y conjuntas, a continuación, por el tiempo de los campos de mes, una distancia relativamente grande habrá sido atravesada por el campo en el ápice de la almohadilla; en ese caso, se formará un patrón de alto conteo (Figura 3-25). Sin embargo, si las crestas se forman primero en las dos porciones más exteriores y proceden hacia el interior, y la formación comienza en el último instante en el ápice de la almohadilla, a continuación, sólo unas pocas crestas pueden estar formadas para cuando los campos se reúnen; en ese caso, un patrón muy bajo recuento se observó (Figura 3-26). Las observaciones combinadas de diferentes investigadores que examinan crestas de fricción en el dedo durante la etapa crítica del desarrollo apoyan aún más la validez de este modelo (Babler, 1991, 1999; Dell y Munger, 1986; Hirsch y Schweichel, 1973).

3.7.3 Efecto Combinado de la Sincronización y Simetría en la Formación de la Cresta

Cuando se entiende que, la sincronización y el control de la simetría, dos elementos muy diferentes de flujo de crestas,

FIGURA 3-27

Estos diferentes patrones de huellas dactilares (abajo) se formaron en completamente diferentes, pero, simétricas almohadillas palmares (arriba). Los dibujos en la parte superior ilustran la condición fetal probable de la almohadilla palmar simétrica que produjo la impresión resultante abajo de ella. De izquierda a derecha, las imágenes muestran los resultados de la sincronización combinada del inicio de la proliferación de las crestas de fricción contra la regresión de la almohadilla palmar. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 71.)

**FIGURA 3-28**

Estos diferentes patrones de huellas dactilares (abajo) se formaron en diferentes almohadillas asimétricas palmares (arriba). Los dibujos en la parte superior ilustran la condición fetal probable de la almohadilla palmar asimétrica que produce la impresión resultante abajo de ella. De izquierda a derecha, las imágenes muestran los resultados de la sincronización combinada del inicio de la proliferación de las crestas de fricción frente a la regresión de la almohadilla. (Reproducido con permiso del Wertheim y Maceo (2002), p 71.)



se hace fácil ver cómo se forman tanto lazo pequeño y grande y patrones del cogollo. Una almohadilla de dedo que regresa simétricamente formará un patrón espiral, independientemente de la oportunidad temprana o tardía de formación de crestas de fricción primarias con respecto a la regresión almohadilla palmar. Si el tiempo del inicio de la formación de arista principal de esta situación es temprano en la vida fetal, la almohadilla palmar seguirá siendo alta en el dedo, y el patrón espiral tendrá un número alto de la cresta. Si el tiempo es más tarde en la vida fetal, después de que la almohadilla ha sido casi completamente absorbida en los contornos de los dedos, a continuación, dará como resultado un patrón de espiral de bajo recuento. Con mayor regresión, un patrón de arco se forma (Figura 3-27).

Del mismo modo, yemas de los dedos asimétricas formarán patrones de bucle y también serán afectados por el tiempo. Si crestas comienzan a formarse temprano con respecto a la regresión de una almohadilla palmar asimétrica entonces la almohadilla será grande, y dará lugar a un bucle de alto conteo. Más tarde sincronización conduce a un bucle o de tipo arco patrón bajo recuento (Figura 3-28). Una vez más, la colocación de la almohadilla palmar no es simplemente simétrica o asimétrica; una continuidad de simetría de almohadilla palmar se produce y da cuenta de la variedad de tipos de patrones observados.

Un esquema de regresión parece existir por lo que la almohadilla es simétrica en el inicio y se vuelve progresivamente más asimétrica, ya que retrocede. Esto se sustenta en las estadísticas de patrones de huellas dactilares generales que muestran que más de la mitad de todos los patrones de huellas dactilares son bucles cubitales. Más específicamente, este esquema se apoya en la investigación fetal que ha determinado que la sincronización temprana inicial de la formación de arista principal conduce a un porcentaje más alto (95 por ciento) de verticilos (Babler, 1978, pág. 25). También, conteo de patrones de cresta bajas y patrones de cresta alta ocurren con menos frecuencia que los patrones promedio de conteo (Cowger, 1983). Toda la investigación tiende a indicar que las almohadillas palmares retroceden desde una posición simétrica temprana a una posición asimétrica más tarde en la vida fetal. Aunque esta es la norma, no es ciertamente sin excepción, porque los patrones verticilo con muy bajo el número de crestas y patrones de bucle con conteos extremadamente altos de cresta pueden ambos ser encontrados con relativa facilidad, incluso en pequeñas colecciones de huellas dactilares registradas.

3.8 Genética

3.8.1 Introducción a la Diversidad Genética y la Piel de la Cresta de Fricción

En 1904, Inez Whipple presentó una investigación que proporciona una teoría detallada de la progresión evolutiva de la superficie (Whipple, 1904). Ashbaugh resume sucintamente proposición de Whipple de la génesis evolutiva de crestas de fricción:

Los primeros mamíferos se cubrieron con una superficie de la piel en forma de escamas. Cada escala tenía un pelo que sobresale de ella y un aceite de acompañamiento o de la glándula sebácea. En áreas palmares, que son los fondos de las manos y los pies, cabellos lentamente desaparecieron debido a la superficie el uso. El poro que estaba relacionado con el cabello cambia de una glándula sebácea a una glándula sudorípara. Su propósito, para mantener la piel húmeda superficie que aumenta el agarre de la superficie.

Comenzando con toda probabilidad como una mutación, escamas comenzaron a alinearse en filas y fusionarse. Este asistida además el agarre de la superficie de la piel mediante el aumento de la fricción. A través de la selección natural, esta mutación se ha difundido. Escamas evolucionaron lentamente en unidades similares a las verrugas con aberturas de los poros cerca del centro. La fusión de estas formaciones de verrugas en filas es el predecesor de la cresta de fricción, la verruga individuo sea el equivalente a un punto cresta (Ashbaugh, 1991, pág. 27).

Catorce años después de que se presentó filogenético (historia evolutiva) la teoría de Whipple, los investigadores separaron de su teoría y presentan un modelo ontogénica (historia individual de desarrollo o embrionario), lo que sugiere que la fusión de las verrugas en las crestas se produce durante el desarrollo embrionario (Wilder y Wentworth, 1918). En 1926, Cummins refutó el esquema ontogénico (Cummins, 1926, pág. 134). Sin embargo, Hale incluyó más tarde el modelo ontogénico en sus conclusiones (Hale, 1952). La literatura desde ese momento ha sido desigual. Múltiples investigadores han demostrado que la primera evidencia visual de la interacción entre el entonces dermis y la epidermis son crestas, no una serie de unidades, que sobresalen en la dermis (Figura 3-6, p 3-8). Tal vez con los avances en la tecnología, la teoría de que las proliferaciones de células localizadas crecen juntos

en crestas lineales antes de la aparición de la cresta como una estructura se demostrará. Hasta entonces, la fusión de las unidades en las crestas sigue siendo un posible modelo de desarrollo que podría proporcionar la individualidad antes de la aparición de las primeras estructuras de cresta. El término “unidad cresta” puede estar limitada a una descripción de un poro sudor adulto y el reborde circundante (Ashbaugh, 1999, pág. 25, 35), con el término “proliferación localizada” se utiliza para describir eventos teóricos de la formación fetal (Babler, 1987, pág. 298).

3.8.2 El Papel de la Genética

Cada aspecto del crecimiento y desarrollo de una sola célula en un ser humano completamente formado es iniciado por un patrón genético. La capacidad para formar crestas de fricción es inherente dentro del embrión en desarrollo. Los patrones que forman estas crestas, sin embargo, están limitadas por la naturaleza y son definidos por la comunidad de huellas dactilares como verticilos, bucles, arcos, combinaciones y transiciones de estos patrones básicos, o la falta de un patrón (Hirsch, 1964). Aunque la genética puede dirigir cuando y donde las crestas se formarán proporcionando el modelo para las proteínas, la naturaleza proporciona los límites para el patrón a través de mecanismos físicos (Ball, 1999).

Las proteínas dirigen la actividad celular, facilitando los procesos bioquímicos dentro de la célula. Estos procesos dependen no sólo de la proteína derivada del gen sino también en los muchos otros componentes no proteicos de la célula tales como azúcares, lípidos, hormonas, elementos inorgánicos (por ejemplo, oxígeno), compuestos inorgánicos (por ejemplo, óxido nítrico), y minerales. Además, el entorno físico alrededor y dentro de las células, incluyendo la tensión superficial, carga eléctrica, y la viscosidad, contribuye a la forma en que las células funcionan (Ball, 1999).

La información genética dirige la función celular, sirve de enlace entre las generaciones, e influye en la apariencia de una persona. Algunos aspectos de la apariencia son similares para cada individuo de la especie (es decir, aquellas características que definen a las especies). Sin embargo, dentro de la especie, para cada aspecto de la apariencia de una persona, muchos genes y factores externos afectan el resultado final de la apariencia física. Los genes implicados con un atributo específico (por ejemplo, color de la piel) producen las proteínas apropiadas, que a su vez reaccionan unos con otros y con los muchos componentes no genéticos de la célula en las vías bioquímicas complejas durante el crecimiento y desarrollo del feto (Ball, 1999). Estas rutas bioquímicas proceder bajo la influencia omnipresente de los factores externos.

Aunque el ADN es crucial para proporcionar el modelo para el desarrollo de un modelo en particular, hay tantos pasos entre la génesis de la proteína ADN codificado y el producto final que incluso los dos individuos que se originaron de la misma ADN producirían dos modelos totalmente únicos.

Quizás Jamison mejor describe la interacción entre los genes y el medio ambiente en la piel crestas de fricción:

Dado que la formación dermatoglífica no puede derivarse únicamente de factores genéticos o ambientales, ya sea, debe ser el resultado de una interacción de los dos tipos de factores. Esta interacción es probablemente lejos de ser simple y lo más probable implica un relación reciproca de retroalimentación positiva de múltiples pasos (Maruyama, 1963) en el que ya sea un genéticamente o un factor basado respetuosos con el medio provoca un cambio en el entorno uterino, que conduce a una respuesta genética (quizás en la forma de un “mecanismo de interruptor”, como en Roberts (1986)), que luego conduce a una cada vez más compleja serie de respuestas interactivas-genéticos ambiental (Jamison, 1990, pág. 103).

El último ejemplo de la función del medio ambiente en la formación de crestas de fricción es gemelos monocigóticos, que comparten idéntica información genética y los ambientes intrauterinos muy similares, pero en muchas ocasiones tienen patrones muy diferentes. El papel de la genética se entiende actualmente por la indicación de que varios genes principales, junto con un número de genes modificadores, pueden ser responsables del patrón, pero está bien establecido que los patrones de crestas de fricción también se ven afectados por el entorno (Chakraborty, 1991; Hirsch, 1964; Loesch, 1982, 1983; Slatkovic et al, 1976; Weninger et al, 1976).

Como muchos rasgos, la genética influye en la formación de patrones indirectamente por contribuir a la temporización de la aparición de la piel crestas de fricción, el momento de la aparición de la regresión de la almohadilla, la tasa de crecimiento del feto, y otros factores. Tensiones a lo largo de pequeñas áreas de la piel no se heredan, sino que representan uno de los factores ambientales que influyen en la formación de patrones.

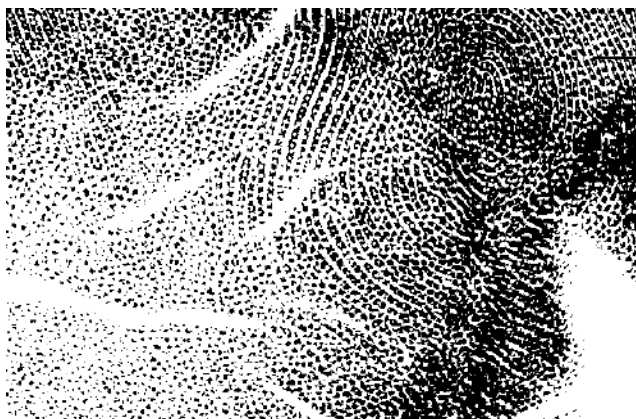
Hasta hace poco (Chakraborty, 1991; Mavalwala et al, 1991), la mayoría de los investigadores en el campo de la genética y la antropología física tradicionalmente han visto TFRC como evidencia del control genético directo de la formación de patrones de huellas dactilares (Bonnie, 1924;

Holt, 1968). La investigación de Sara Holt (1968) acerca de la heredabilidad de TFRC es un hallazgo significativo que apoya el plan de desarrollo de dos niveles sugeridos por esta y otras revistas literarias de la formación de patrones de huellas dactilares. La lógica también es compatible con este sistema. Eventos temporizados genéticamente controlados serían menos susceptibles a las variaciones ambientales, y, por lo tanto, TFRC sería más heredable de tipo de patrón. Además, la amplia gama de patrones que se encuentran en las palmas (Malhotra, 1982) demuestra la naturaleza compleja de los factores que afectan a la alineación cresta. Recuentos de modelado y Ridge son indirectamente heredados y no se ven afectados por un solo factor de desarrollo. Sin embargo, el flujo de crestas y conteo de crestas son afectados por la tensión a través de la superficie de crecimiento de la piel fetal.

3.8.3 Estudios Familiares

3.8.3.1 Variación étnica. Se han realizado miles de estudios antropológicos en distintas poblaciones para identificar tendencias en la formación de patrones de huellas dactilares. Tal vez una de las revisiones más completas de este tremendo cuerpo de investigación se llevó a cabo por Jamshed Mavalwala, lo que resulta en una bibliografía de 300 páginas de referencias dermatoglíficas (Mavalwala, 1977). El principal resultado de este cuerpo de trabajo fue la demostración de que las variaciones intratribales en frecuencias de patrón de crestas de fricción fueron mayores que las variaciones entre tribus. Asimismo, variaciones intraespecie en primates eran mayores que las variaciones interespecies. El cuerpo de la literatura sobre la variación étnica sugiere que múltiples genes afectan la formación de patrones y que esos genes interactúan con respecto a las características finales del patrón.

3.8.3.2 Anormalidades. La comunidad médica ha estado, y continúa estando, interesada en dermatoglifia (Durham et al., 2000; Kahn et al., 2001; Schaumann y Opitz, 1991) y pliegues (Kimura, 1991) como indicadores del desarrollo anormal del feto durante el etapa crítica. Aunque hay pruebas de que el interés ha disminuido en las últimas décadas (Reed, 1991), se informó en 1991 que significativamente más de 3.500 artículos en la literatura internacional abordan diferentes aspectos de dermatoglifia (Mavalwala, 1977). Aunque muchos artículos se refieren a ciertas condiciones médicas o frecuencias estadísticamente significativas de combinaciones de patrones anormales de cresta, muchos investigadores todavía prestan atención a la advertencia de que “dermatoglifos pueden ser de incierto, o ningún valor de diagnóstico debido a la falta de un estereotipo específico dermatoglífico en pacientes individuales” (Schaumann, 1982, pag. 33-34).

**FIGURA 3-29**

Una impresión que muestra crestas normales (arriba a la derecha), cantos ligeramente disociados (centro), y las crestas severamente disociados (abajo izquierda) en un paciente con una anomalía cromosómica. (Reproducido con permiso del Schaumann y Alter (1976), p 98.)

**FIGURA 3-30**

Impresiones de epidermis que muestran leve (izquierda) y severa (derecha) displasia. (Reproducido con permiso de Schaumann y Alter (1976), pág. 94-96.)

**FIGURA 3-31**

Impresiones (izquierda) de las crestas fragmentadas o ausentes de un sujeto con aplasia (Reproducido con permiso de la Fundación March of Dimes de Goradia et al., 1979). Imagen general (derecha) de las manos de una madre y su hija con aplasia. (Reproducido con permiso del Schaumann y Alter (1976), p 91.) A mano izquierda de la figura: Derecha medio, izquierda medio.

Harold Cummins fue quizás uno de los investigadores más prominentes en las razones específicas detrás desarrollo anormal patrón de crestas de fricción (Cummins, 1923, 1926).

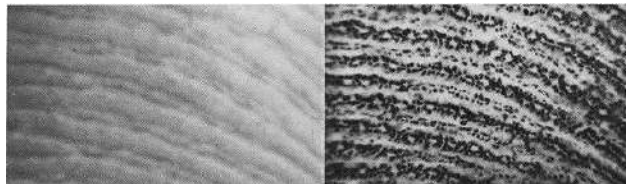
A partir de decenas de casos de estudio de desarrollo de defectos, concluyó que "cualquiera que sea la naturaleza del defecto, las [cresta] configuraciones ocurren como sistemas parcial o totalmente diferentes de la normal, pero, obviamente, conforme a las irregularidades de la parte" (Cummins, 1926, p 132). Más adelante en su carrera, Cummins estableció que la ausencia de crestas dérmicas puede ser causado por anomalías cromosómicas (Figura 3-29) (Cummins, 1965). Otras investigaciones (Schaumann y Alter, 1976) se ha atribuido una condición más pronunciada, displasia, a la ramificación localizada en el nervio normal de ramificación durante el desarrollo fetal (Figura 3-30).

Una tercera y mucho más extrema (y raro) condición implica la falta completa de las características de cresta en los

dedos y las palmas de las manos, así como los dedos de los pies y las plantas de los pies. Cummins la hipótesis de que en la epidermólisis, o la muerte y disolución de la epidermis, la epidermis desintegrada se renueva, y las superficies desnudas son cubiertas gradualmente por un crecimiento de células de la piel que surgen de la dermis después de que la capacidad se ha ido de la unión dermo-epidérmica para producir crestas (Cummins, 1965). Otros investigadores indican que esta condición, también conocida como la aplasia, parece deberse a una anomalía cromosómica ligada a la falta total de desarrollo del nervio en la epidermis en el momento que se supone que deben formarse las crestas. En un artículo de 1965, Cummins postula que la epidermólisis puede ser hereditaria, citando tres generaciones de una familia, 13 de los cuales carecían de crestas sobre los dedos, las palmas, los dedos de los pies y las plantas (Cummins, 1965). Schaumann y Alter (1976) reprodujeron

FIGURA 3-32

Una fotografía (amplificación= 13X) de crestas incipientes (a la izquierda) y la superficie dérmica bajo las crestas (a la derecha) mostrando una disposición a doble hilera de papilas dérmicas, que las marca como rasgos permanentes en la cresta de fricción de la piel. (Reimpreso con autorización de March of Dimes from Okajima (1979), pág. 191).



un árbol genealógico que muestra 16 de 28 miembros de la familia de cuatro generaciones que tienen aplasia de cresta congénita, y pasar a hacer referencia a otra evidencia de la herencia de anomalías del canto (Figura 3-31).

Goradia y sus colegas (1979) hacen un argumento convincente de que existe una continuidad entre las crestas epidérmicas normales, crestas disociadas, y aplasia. Citan los casos de solapamiento en la misma persona entre crestas normales y disociadas, así como superposición entre crestas disociadas y áreas sin un patrón discernible. Además, los autores sacan a la luz se han encontrado que ciertas anomalías cromosómicas que se asocia tanto con la disociación y la aplasia.

Aunque no es una anomalía típica, las crestas incipientes, también descrito como “rudimentaria”, “intersticial”, o crestas “nacientes”, no están presentes en la mayoría de las impresiones de crestas de fricción. Cuando están presentes en un individuo, los estudios que han demostrado que es hereditario (Penrose y Plomley, 1969). En 1979, Okajima examinó crestas incipientes y afirmó las investigaciones anteriores que indican que estas estructuras son permanentes, aunque no llevan glándulas sudoríparas (Okajima, 1979) (Figura 3-32).

3.9 Singularidad: Interferencia de Desarrollo

3.9.1 Trayectoria de la Cresta

La singularidad de la piel de fricción se imparte a partir de la estructura de base permanente a través de una miríada de fuerzas aleatorias, que, ellas mismos, se ven afectadas por un número aparentemente infinito de factores. Las almohadillas palmares fetales juegan un papel importante que afecta a las tensiones que influyen directamente en la formación de patrones (almohadilla simétrica) y conteo de crestas (tamaño de la almohadilla), pero la formación de minucias se produce en un nivel mucho menor. Tensiones localizadas (tensiones y compresiones), como resultado del crecimiento de las capas de tejido del dígito y las interacciones con los campos

de cresta existentes, crean las bases para la singularidad de segundo nivel.

3.9.2 Morfología de la Cresta

La morfología de la cresta (detalle a tercer nivel) es la manifestación en la superficie de una comunidad heterogénea celular junto con la membrana basal, que constantemente da a la epidermis un retrato tridimensional de su naturaleza única. Es totalmente inconcebible que los esfuerzos físicos y distribuciones celulares que hacen que la comunidad pueda ser duplicada exactamente, a cualquier nivel, en dos áreas diferentes del tejido fetal en desarrollo. Cada sección individual en cada cresta es única. Por lo tanto, cualquier disposición de crestas es imposible de copiar, independientemente de la cantidad. Grandes variaciones en la cantidad de detalles que se registran a partir de la piel tridimensional hacia la impresión bidimensional durante cualquier contacto puede dar como resultado la imposibilidad de individualización de impresiones latentes, aunque la disposición de rasgos en la piel y en los detalles resultantes de la impresión en una superficie aún es única.

3.9.3 Maduración de la Piel

Luego de la maduración de las crestas primaria y secundaria aproximadamente a las 24 semanas de gestación, la anastomosis comienza a atravesar la dermis (Hale, 1952), conectando así las crestas primaria y secundaria y moldeando la porción superior de la dermis en conexión de papilas. Las papilas siguen cambiando de forma incluso durante ya entrada la edad adulta y se vuelve compleja (Misumi and Akiyoshi, 1984). Aunque la forma del límite epidérmico-dérmico puede cambiar con el tiempo, la tasa de producción de células de la piel en la capa basal de la piel no se vuelve espacialmente incongruente. Es por esta razón que los cambios de forma en la “hoja” de la capa basal no producen rasgos que aparezcan significativamente distintos en la superficie (Figura 3-33). La tasa constante proliferación de células basales de la piel en áreas vecinas de piel brinda detalles únicos y concordantes a la superficie de la piel. El patrón aumenta muchas veces en

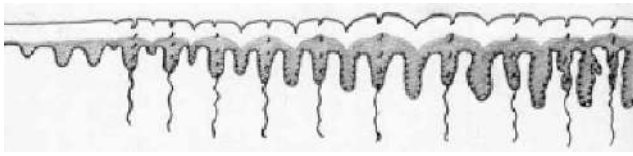
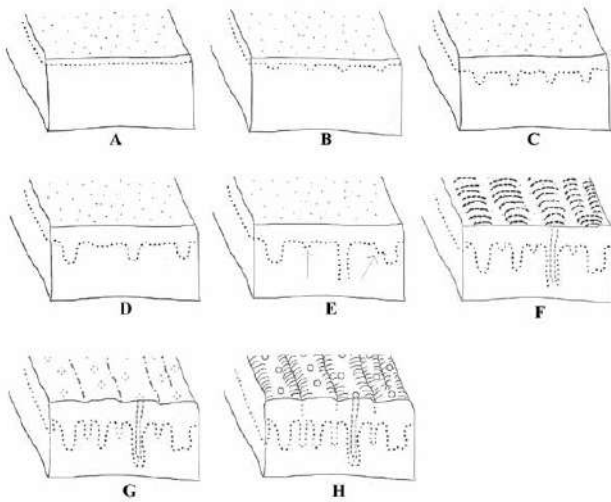
**FIGURA 3-33**

Ilustración del progreso de la estructura de piel del cojinete desde la vida fetal (izquierda) hasta la adultez (derecha). (Reimpreso con autorización de Wertheim and Maceo (2002), p 39).

**FIGURA 3-34**

Dibujos que representan piel del cojinete antes (A), durante (B-E) y después (F-H) de la etapa crítica de formación de la cresta de fricción: (A) piel de la cresta de fricción no identificada; (B) inicio de la formación de cresta primaria en el borde de la epidermis-dermis; (C) crestas primarias aumentando su profundidad; (D) crecimiento de piel separando crestas primarias existentes; (E) nuevos crecimientos de crestas primarias entre crestas primarias existentes (formación de conductos sudoríparos); (F) inicio del crecimiento de crestas secundarias entre crestas primarias; (G) maduración de crestas secundarias combinada con la aparición de crestas en la superficie; (H) el sistema en su totalidad empieza el proceso de maduración (aproximadamente 24 semanas de Tiempo Estimado de Gestación). (Reimpreso con autorización de Wertheim and Maceo (2002), p 56).

**FIGURA 3-35**

Tabla que muestra el consenso de literatura relacionada con los tiempos estimados para el arranque (alargamiento) y regresión (encogimiento) de las almohadillas dactilares, de la misma manera que el arranque y crecimiento de crestas primarias y secundarias.

tamaño, pero la secuencia de crestas nunca cambia ni durante la vida fetal, ni durante la vida adulta, salvo en el caso de una lesión o enfermedad que afecte la capa basal de la piel.

3.10 Resumen: Claves de Singularidad y Formación de Patrones

3.10.1 Unicidad

Conforme la piel avanza en todo el proceso de formación de crestas (Figura 3-34), muchos factores contribuyen con el resultado final: unicidad estructural completa, desde el

contorno hasta la forma de la cresta. Aunque se ha demostrado que la genética juega un papel en la formación de patrones, no determina la disposición de minucias o forma de las crestas dentro del patrón. La morfogénesis de estos detalles pequeños es resultado de una interferencia de desarrollo que tiene lugar en esa sección de la piel durante el periodo crítico de formación de la cresta de fricción.

3.10.2 Formación del Patrón

Los cojinetes dactilares juegan un papel importante al influenciar la formación del patrón (simetría del cojinete dactilar) y

conteo de crestas (tamaño del cojinete dactilar), aunque los cojinetes dactilares no provocan directamente la alineación de crestas. En lugar de eso, los cojinetes dactilares afectan la topología de la superficie y la tensión y compresión general a través el área de unión dermis-epidermis en desarrollo, que en su momento afecta directamente la alineación de las crestas de fricción durante la etapa crítica de desarrollo de crestas. Cualquier tensión o presión sobre el dedo en desarrollo durante la etapa crítica (Figura 3-35) de formación de la cresta de fricción puede afectar la alineación de crestas.

3.11 Revisores

Los revisores que analizaron este capítulo son Jeffrey G. Barnes, Patti Blume, Mary Ann Brandon, Brent T. Cutro, Sr., Lynne D. Herolk, Michelle L. Snyder y John R. Vanderkolk.

3.12 Referencias

- Ashbaugh, D. R. Ridgeology. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (1), 16–64.
- Ashbaugh, D. R. *Quantitative–Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.
- Babler, W. J. Prenatal Selection and Dermatoglyphic Patterns. *Am. J. Physical Anthropol.* 1978, 48 (1), 21–28.
- Babler, W. J. Prenatal Development of Dermatoglyphic Patterns: Associations with Epidermal Ridge, Volar Pad, and Bone Morphology. *Collegium Anthropologicum* 1987, 11 (2), 297–303.
- Babler, W. J. Prenatal Communalities in Epidermal Ridge Development. In *Trends in Dermatoglyphic Research*; Durham, N., Plato, C., Eds.; Kluwer Academic Press: Dordrecht, Netherlands, 1990; pág. 54–68.
- Babler, W. J. Embryologic Development of Epidermal Ridges and Their Configurations. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; Plato, C., Garruto, R., Schaumann, B., Eds.; Birth Defects Original Article Series; March of Dimes: New York, 1991; pág. 95–112.
- Babler, W. J. Marquette University, Milwaukee, WI. Personal communication, 1999.
- Ball, P. *The Self-Made Tapestry: Pattern Formation in Nature*; Oxford University Press: New York, 1999.
- Bhasin, M. Effect of Natural Background Radiation on Dermatoglyphic Traits. *Acta Anthropogenetica* 1980, 4 (1–2), 1–27.
- Bonnevie, K. Studies on Papillary Patterns on Human Fingers. *J. Genetics* 1924, 15, 1–112.
- Burdi, A.R., Babler, W. J., Garn, S.M. Monitoring Patterns of Prenatal Skeletal Development. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Birth Defects Original Article Series 15(6); March of Dimes: Washington, DC, 1979; pág. 25–38.
- Carlson, B. *Human Embryology and Development Biology*; Mosby: New York, 1999.
- Chacko, S; Vaidya, M. The Dermal Papillae and Ridge Patterns in Human Volar Skin. *Acta Anatomica (Basel)* 1968, 70 (1), 99–108.
- Chakraborty, R. The Role of Heredity and Environment on Dermatoglyphic Traits. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; March of Dimes: Washington, DC, 1991; pág. 151–191.
- Cowger, J. F. *Friction Ridge Skin: Comparison and Identification of Fingerprints*; Elsevier Science: New York, 1983.
- Cummins, H. The Configurations of Epidermal Ridges in a Human Acephalic Monster. *Anatomical Record* 1923, 26 (1), 1–13.
- Cummins, H. Epidermal Ridge Configurations in Developmental Defects, with Particular References to the Ontogenetic Factors Which Condition Ridge Direction. *Am. J. Anatomy* 1926, 38 (1), 89–151.
- Cummins, H. The Topographic History of the Volar Pads (Walking Pads; Tastballen) in the Human Embryo. *Contributions to Embryol.* 1929, 20, 105–126.
- Cummins, H. Loss of Ridged Skin Before Birth. *Finger Print Ident. Mag.* 1965, 46, 3–7, 23.
- Dell, D.; Munger, B. The Early Embryogenesis of Papillary (Sweat Duct) Ridges in Primate Glabrous Skin: The Dermatologic Map of Cutaneous Mechanoreceptors and Dermatoglyphics. *J. Comp. Neurol.* 1986, 244 (4), 511–532.
- De Wilde, A. G. A Theory Concerning Ridge Pattern Development. *Bull. Int. Dermatoglyphics Assoc.* 1980, 8 (1), 2–18.
- Durham, N., Fox, K., Plato, C., Eds. *The State of Dermatoglyphics: The Science of Finger and Palm Prints*; Edwin Mellen Press: New York, 2000.

- Elie, J. A New Methodological Approach to Dermatoglyphic Variability. *Can. Rev. Physical Anthropol.* 1987, 6 (1), 54–63.
- Evatt, E. J. The Development and Evolution of the Papillary Ridges and Patterns of the Volar Surfaces of the Hand. *J. Anatomy* 1906, 41, 66–70.
- Goradia, R.; Davis, B.; DeLeon, R. Familial Ridge Dissociation-Aplasia and X-Chromosome Aneuploidy. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Birth Defects Original Article Series; March of Dimes: Washington, DC, 1979; pág. 591–607.
- Hale, A. Morphogenesis of Volar Skin in the Human Fetus. *Am. J. Anatomy* 1952, 91 (1), 147–173.
- Heimer, L. *The Human Brain and Spinal Cord: Functional Neuroanatomy and Dissection Guide*, 2nd ed.; Springer-Verlag: New York, 1995.
- Hirsch, W. Biological Aspects of Finger Prints, Palms, and Soles. *Fingerprint and Ident. Mag.* 1964, 3–17.
- Hirsch, W.; Schweichel, J. U. Morphological Evidence Concerning the Problem of Skin Ridge Formation. *J. Mental Deficiency Res.* 1973, 17 (1), 58–72.
- Holbrook, K. A. Structure and Development of the Skin. In *Pathophysiology of Dermatologic Diseases*, 2nd ed.; Soter, M., Baden, H., Eds.; McGraw-Hill: New York, 1991a; pág. 3–43.
- Holbrook, K. A. Structure and Function of the Developing Human Skin. In *Biochemistry and Physiology of the Skin*; Goldsmith, L., Ed.; Oxford University Press: New York, 1991b; pág. 64–101.
- Holbrook, K. A.; Odland, G. F. The Fine Structure of Developing Human Epidermis: Light Scanning, and Transmission Electron Microscopy of the Periderm. *J. Invest. Dermatol.* 1975, 65 (1), 16–38.
- Holt, S. B. *The Genetics of Dermal Ridges*; Charles C. Thomas: Springfield, IL, 1968.
- Jamison, C. Dermatoglyphics and the Geschwind Hypothesis I: Theoretical Background and Palmar Results of Dyslexia II. Digital Results of Dyslexia and Developmental Implications. In *Trends in Dermatoglyphic Research*; Durham, N., Plato, C., Eds.; Kluwer Academic Press: Dordrecht, Netherlands, 1990; pág. 99–135.
- Kahn, H.; Ravindranath, R.; Valdez, R.; Venkat Narayan, K. M. Fingerprint Ridge-Count Difference between Adjacent Fingertips (dR45) Predicts Upper-Body Distribution: Evidence for Early Gestational Programming. *Am. J. Epidemiol.* 2001, 153 (4), 338–344.
- Kimura, S. Embryological Development of Flexion Creases. In *Dermatoglyphics Science in Transition*; March of Dimes: Washington, DC, 1991; pág. 113–129.
- Kollmann, A. *Der Tastapparat der Hand der menschlichen Rassen und der Affen in seiner Entwicklung und Gliederung (The Tactile Apparatus of the Hand of the Human Races and Apes in Its Development and Structure)*; Voss Verlag: Hamburg, Germany, 1883.
- Kücken, M.; Newell, A. Fingerprint Formation. *J. Theoretical Biol.* 2005, 235 (1), 71–83.
- Lacroix, B.; Wolff-Wuenot, M.; Haffen, K. Early Human Hand Morphology: An Estimation of Fetal Age. *Early Human Development* 1984, 9 (2), 127–136.
- Lavker, R. M.; Sun, T. T. Epidermal Stem Cells. *J. Invest. Dermatol.* 1983, 81 (1) (Suppl.), 121s–127s.
- Loesch, D. The Contributions of L.S. Penrose to Dermatoglyphics. *J. Mental Deficiency Res.* 1973, 17 (1), 1–17.
- Loesch, D. Genetic Studies of Dermatoglyphics—Advances and Limitations. *Progress in Dermatoglyphic Res.* 1982, 84, 45–77.
- Loesch, D. *Quantitative Dermatoglyphics: Classification, Genetics, and Pathology*; Oxford University Press: New York, 1983.
- Malhotra, K. Progress in Genetics of Palmar Pattern Ridge Counts in Man. *Progress in Dermatoglyphic Res.* 1982, 84, 111–128.
- Maruyama, M. The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes. *Am. Scientist* 1963, 5 (2), 164–179.
- Mavalwala, J. *Dermatoglyphics: An International Bibliography*; Mouton: Chicago, 1977.
- Mavalwala, J.; Mavalwala, P.; Kamali, S. Issues of Sampling and of Methodologies in Dermatoglyphics. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; March of Dimes: Washington, DC, 1991; pág. 291–303.

- Meier, R. J. Sequential Developmental Components of Digital Dermatoglyphics. *Human Biol.* 1981, 53 (4), 557–573.
- Meier, R. J.; Goodson, C. S.; Roche, E. Dermatoglyphic Development and Timing of Maturation. *Human Biol.* 1987, 59 (2), 357–373.
- Misumi, Y.; Akiyoshi, T. Scanning Electron Microscopic Structure of the Finger Print as Related to the Dermal Surface. *The Anatomical Record* 1984, 208 (1), 49–55.
- Montagna, W.; Parakkal, P. *The Structure and Function of Skin*, 3rd ed.; Academic Press: New York, 1974.
- Montagna, W.; Kligman, A.; Carlisle, K. *Atlas of Normal Human Skin*; Springer-Verlag: New York, 1992.
- Moore, S. J.; Munger, B. The Early Ontogeny of the Afferent Nerves and Papillary Ridges in Human Digital Glabrous Skin. *Dev. Brain Res.* 1989, 48 (1), 119–141.
- Morohunfolo, K.; Munger, B.; Jones, T. The Differentiation of the Skin and its Appendages. I. Normal Development of Papillary Ridges. *The Anatomical Record* 1992, 232 (4), 587–598.
- Mulvihill, J. J.; Smith, D. W. The Genesis of Dermatoglyphics. *J. Pediatr.* 1969, 75 (4), 579–589.
- Murray, J. D. How the Leopard Gets Its Spots. *Scientific American* 1988, 80.
- Okajima, M. Development of Dermal Ridges in the Fetus. *J. Med. Genet.* 1975, 12 (3), 243–250.
- Okajima, M. Dermal and Epidermal Structures of the Volar Skin. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Birth Defects Original Article Series; March of Dimes: Washington, DC, 1979; pág. 179–188.
- Okajima, M. A Methodological Approach to the Development of Epidermal Ridges Viewed on the Dermal Surface of Fetuses. In *Progress in Dermatoglyphic Research*; Alan R. Liss, Inc.: New York, 1982; pág. 175–188.
- Penrose, L.; O'Hara, P. The Development of Epidermal Ridges. *J. Med. Genet.* 1973, 10 (3), 201–208.
- Penrose, L.; Plomley, N. Structure of Interstitial Epidermal Ridges. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 1969, 61 (1), 81–84.
- Raven, P.; Johnson, G. *Biology*, 3rd ed.; Mosby Year Book: St. Louis, MO, 1992.
- Reed, T. Impact of Changes in Medical Genetics on Teaching and Disseminating Information on Dermatoglyphics. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; March of Dimes: Washington, DC, 1991; pág. 305–319.
- Roberts, D. Population Variation in Dermatoglyphics: Field Theory. *Progress in Dermatoglyphic Res.* 1982, 84, 79–91.
- Roberts, D. The Genetics of Human Fetal Growth. In *Human Growth, A Comprehensive Treatise*; Falkner, F.; Tanner, J., Eds.; Plenum Press: New York, 1986; vol. 3, pág. 113–143.
- Schaumann, B. Medical Applications of Dermatoglyphics. *Progress in Dermatoglyphic Res.* 1982, 84, 33–34.
- Schaumann, B.; Alter, M. *Dermatoglyphics in Medical Disorders*; Springer-Verlag: New York, 1976.
- Schaumann, B.; Opitz, J. Clinical Aspects of Dermatoglyphics. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; March of Dimes: Washington, DC, 1991; pág. 193–228.
- Siervogel, R. M.; Roche, A.; Roche, E. Developmental Fields for Dermatoglyphic Traits as Revealed by Multivariate Analysis. *Human Biol.* 1978, 50 (4), 541–556.
- Slatis, H.; Katznelson, M.; Bonne-Tamir, B. The Inheritance of Fingerprint Patterns. *Am. J. Hum. Genet.* 1976, 28 (3), 280–289.
- Smith, L. T.; Holbrook, K. A. Embryogenesis of the Dermis in Human Skin. *Pediatr. Dermatol.* 1986, 3 (4), 271–280.
- Weninger, M.; Aue-Hauser, G.; Scheiber, V. Total Finger Ridge-Count and the Polygenic Hypothesis: A Critique. *Human Biol.* 1976, 48 (4), 713–725.
- Wertheim, K.; Maceo, A. The Critical Stage of Friction Ridge Pattern Formation. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (1), 35–85.
- Whipple, I., The Ventral Surface of the Mammalian Chiridium, With Special Reference to the Conditions Found in Man. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 1904, 7, 261–368.
- Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; The Gorham Press: Boston, 1918.

CAPÍTULO



REGISTRO DE EJEMPLARES DE CRESTAS DE FRICCIÓN VIVIENTES Y POST MÓRTEM

BRENT T. CUTRO, SR.

CONTENIDOS

3 4.1 Introducción

3 4.2 Equipo

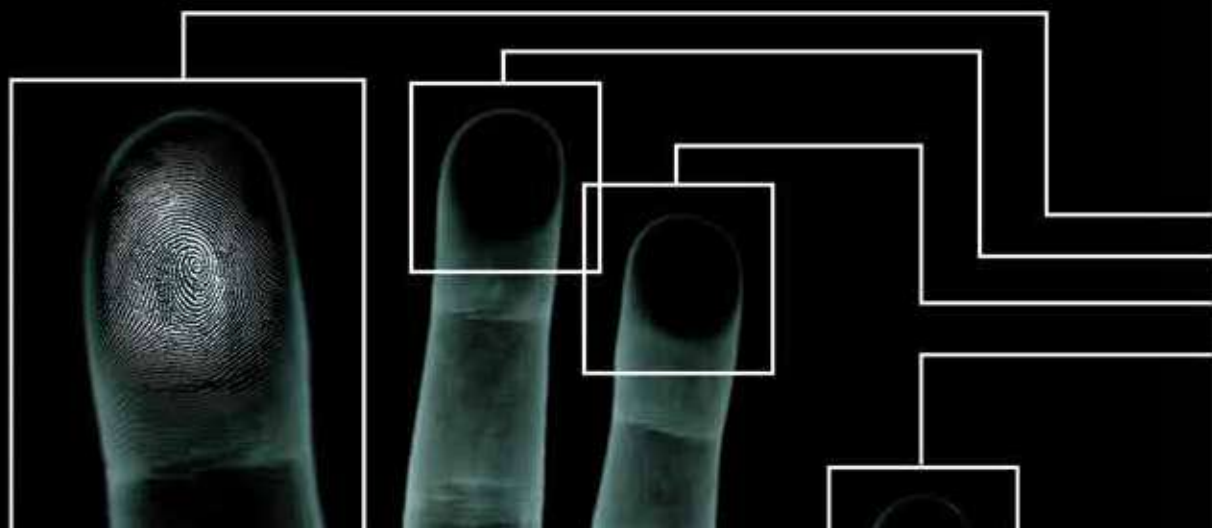
5 4.3 Registro de Huellas Dactilares,
Impresión de Palmas de la Mano
y Plantas del Pie de Sujetos Vivientes

10 4.4 Registro de Detalles de la Cresta
de Fricción Post Mórtém

18 4.5 Resumen

19 4.6 Revisores

19 4.7 Referencias





CAPÍTULO 4

REGISTRO DE EJEMPLARES DE CRESTAS DE FRICCIÓN VIVIENTES Y POST MÓRTEM

BRENT T. CUTRO, SR.

4.1 Introducción

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y constituye la primera línea de protección del mismo. Cubre completamente al cuerpo desde la cabeza hasta los pies, y su naturaleza es primordialmente uniforme en todas partes a excepción de las áreas que cubren las superficies palmares de los dedos y las manos, así como las superficies plantares de los dedos de los pies y los pies. La piel de estas áreas se conoce como piel con crestas de fricción. La obtención de registros legibles de estas áreas de la piel es fundamental para las comparaciones posteriores con impresiones latentes recuperadas de escenas del crimen, para su comparación con registros anteriores, o para ingresarlos en los sistemas automáticos de identificación dactilar (AFIS).

Impresiones entintadas, impresión de registros, normas y ejemplares son términos que se utilizan para describir el registro de estos detalles únicos.

4.2 Equipo

Diversos tipos de equipo, tintas, escáneres y técnicas se utilizan para registrar detalles de las crestas de fricción. Aunque el concepto de registro de detalles de las crestas de fricción parece básico, se requiere siempre de atención y determinación para obtener registros de la mejor calidad puesto que la obtención de registros completos y legibles es una necesidad en la revisión de huellas latentes.

El equipo que se necesita para registrar detalles de la cresta de fricción incluye un rodillo de tinta, una placa de entintado (hecha de vidrio o de un metal suave, tal como acero inoxidable), tarjetas para el registro de impresiones de huella dactilar o huella palmar, y una tinta negra de calidad formulada para este propósito (Figura 4-1). Estos artículos se pueden obtener en varias empresas proveedoras de

materiales forenses y de impresión. Sólo deben utilizarse tintas formuladas para fines forenses, ya que otros tipos de tintas (tinta para impresora, para escribir, o tinta de sellos de goma) son demasiado ligeras, demasiado delgadas, o no secan con la suficiente rapidez en las tarjetas de registro; esta humedad retenida puede causar manchas subsecuentes en las impresiones. Una alternativa al método de tinta y rodillos es el uso de almohadillas de resina termoplástica micro-reticulada o almohadillas de entintado hechas de cerámica, en donde dichas almohadillas se impregnan con tintas especiales permanentes e inalterables. Estos productos contienen tinta suficiente para registrar hasta 50.000 huellas dactilares y deben durar aproximadamente dos años sin rellenar. Su limpieza es fácil, y la tinta seca rápidamente en las tarjetas de registro (Olsen, 1978, pág. 90-91). Los avances en la tecnología de las tintas han dado lugar al mejoramiento de ciertas características de algunas de estas tintas, lo que resulta en productos más fáciles de usar.

Un soporte de huellas dactilares también es útil. El soporte de huella dactilar se puede colocar a la altura necesaria para registrar de manera cómoda los detalles de la cresta

de fricción, al tiempo que convenientemente guarda al interior de sus contenedores de almacenamiento incorporados todo el equipo necesario para esta labor.

Las tarjetas estándar que se usan para registrar impresiones son de 8" x 8". Este tamaño tiene espacio para dos filas de cinco huellas rodadas, así como espacio para impresiones lisas o planas de los dedos debajo de las filas de impresiones rodadas. Estas tarjetas son de color blanco y son generalmente de cartón ligero o cartulina gruesa. Las tarjetas de huellas dactilares se usan en infinidad de ocasiones y pueden almacenarse en archivo durante muchos años. Por este motivo, la textura y fortaleza de la tarjeta debe ser tal que resista la manipulación constante (Olsen, 1978, pág. 59-60).

La Figura 4-2 muestra dos filas de huellas dactilares (impresiones rodadas) en el centro de la tarjeta. Los bloques comienzan con el pulgar de la mano derecha como # 1, el dedo índice derecho como # 2, y así sucesivamente hasta el dedo meñique derecho, # 5. Así, la mano izquierda comienza con el pulgar, designado # 6, el dedo índice izquierdo es

FIGURA 4-1

Equipo y tinta usados para el registro de ejemplares de crestas de fricción.

**FIGURA 4-2**

Dos filas de impresiones rodadas al centro de la tarjeta para huellas dactilares

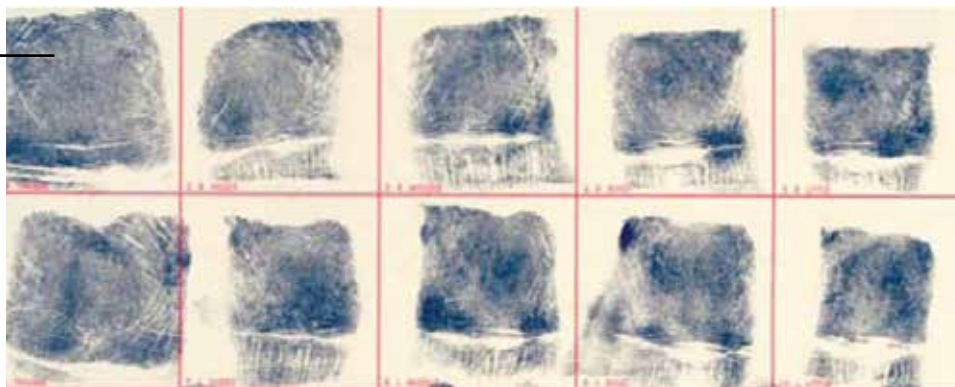



FIGURA 4-3

Tarjeta para huellas dactilares completamente llena.

7, y así sucesivamente hasta el dedo meñique izquierdo, # 10. Otro conjunto de impresiones aparecería debajo de estos. Estos se conocen como impresiones lisas, planas, o simultáneas y sirven como verificación de la secuencia de los dedos en las impresiones rodadas (Olsen, 1978, pág. 60-62). Vea la Figura 4-3.

Además de los espacios para la impresión de huellas dactilares, existe espacio en la tarjeta para registrar información sobre la persona de quien se está tomando la impresión (por ejemplo, nombre, fecha de nacimiento), información sobre la dependencia, así como espacio para la fecha y firmas del sujeto y del técnico.

La tecnología Livescan reemplaza el proceso de utilización de tinta para registro de detalles de las crestas de fricción. La superficie de crestas de fricción por procesar se coloca en un escáner que registra los detalles en cuestión de segundos. Escáneres de alta resolución pueden generar imágenes que están a la altura, en términos de calidad, de las impresiones de tinta; las imágenes digitales son fáciles de reproducir y distribuir electrónicamente. El proceso de rodar las impresiones de los dedos (e impresiones planas) en la platina de escáner es el mismo que para el registro real de impresiones con tinta en una tarjeta, pero sin la tinta.

4.3 Registro de Huellas Dactilares, Impresión de Palmas de la Mano y Plantas del Pie de Sujetos Vivientes

Las tarjetas para huellas dactilares que sean legibles y estén completamente llenas, como en la Figura 4-3, son

apropiadas para efectos de clasificación o comparación y para escaneo en el AFIS.

4.3.1 Registrar Huellas Dactilares

El método básico de registro de la cresta de fricción a detalle en manos o pies se puede lograr mediante la aplicación de una capa fina de tinta negra directamente sobre la superficie de la piel utilizando un rodillo o cubriendo una placa de entintado con tinta y rodando los dedos sobre la placa. A continuación, la piel entintada se presiona sobre una superficie de color contrastante, como un trozo de papel blanco o una tarjeta para huellas dactilares. La diferencia de elevación entre crestas y surcos en las crestas de fricción de la piel, deja una impresión que es registro de los detalles únicos de la piel con crestas de fricción (Cowger, 1983, p 10).

Para iniciar este proceso, si se utiliza el método de la tinta y el rodillo, una pequeña cantidad de tinta se deposita en el borde, el centro y el borde opuesto de la placa de entintado que debe estar completamente limpia. La tinta se distribuye y suaviza con el rodillo. La tinta debe verse negra, no gris. El color gris significa que no hay suficiente de tinta en la placa. La tinta no debe lucir húmeda. De ser así, hay demasiada tinta en la placa, y esto podría dar lugar a manchas en la impresión. Una vez que se ha colocado la cantidad adecuada de tinta sobre la placa, el siguiente paso es entintar los dedos (Cowger, 1983, p 10).

Antes aplicar tinta en los dedos, se debe inspeccionar y asegurar que los éstos estén limpios y secos, ya que los contaminantes pueden interferir con el registro adecuado.

Si los dedos del sujeto están demasiado secos, una crema de manos humectante se puede aplicar con moderación para suavizar los dedos. Si los dedos del sujeto están demasiado húmedos, se deberán secar de forma individual o, en caso de humedad excesiva, limpiar con un paño con alcohol para después secar independientemente de qué método de registro que se utilice (tinta y rodillo, almohadilla, o escáner), los dedos deben ser girados hacia afuera, y los pulgares deben girarse hacia el cuerpo (pulgares hacia adentro, dedos hacia afuera). Este procedimiento permite tanto dedos como pulgares giren de una posición bastante incómoda a una posición más relajada de modo que sea menos probable que se generen registros manchados. Para girar completamente cada dedo, con el sujeto de pie y de frente al soporte de tarjetas, se debe sostener firmemente la mano de tal manera que el dedo esté extendido y los otros dedos no se interpongan. La placa de entintado y el soporte de tarjetas deben estar uno al lado del otro, en dónde el operador se colocará junto al soporte de tarjetas (Olsen, 1978, p 66). Así, la mano se hace girar de modo que la parte lateral del dedo se puede colocar en la placa de entintado. Mientras que una de las manos del operador sostiene la mano del sujeto, su otra mano sostiene el extremo del dedo o pulgar que se está imprimiendo para que no se deslice, para aplicar una presión ligera y para guiar el giro, (Figura 4-4). Dos factores clave que se deben tener en cuenta son el control y la presión (Cowger, 1983, p 11). Para obtener mejores resultados, el sujeto no debe ayudar con

el proceso y se le debe pedir que permanezca en una postura relajada. Posteriormente el dedo o pulgar se gira 180° (ejemplo, desde el borde de la uña hasta el otro borde de la uña) y se levanta inmediatamente de la placa y se gira de la misma manera en la casilla correspondiente en la tarjeta para huellas dactilares que se ha colocado previamente en el soporte de tarjetas.

Los dedos y pulgares deben ser girarse sobre la tarjeta o escáner en la misma secuencia en la que aparecen los espacios en la tarjeta, empezando con el pulgar derecho y terminando con el dedo meñique izquierdo (Olsen, 1978, p 66). Las impresiones lisas (planas o simultáneas) se registran agrupando los dedos de cada mano y presionándolos en la placa de entintado. Los dedos agrupados, con números del 2-5 y del 7-10, se apoyan en la tarjeta para huellas dactilares o escáner en las casillas correspondientes, teniendo cuidado de no superponer estas impresiones sobre las impresiones rodadas. Los pulgares se entintan y se registran por separado de la misma manera. Los dedos y pulgares que se registran en estos cuadros no deben rodarse de lado a lado. En el momento en que dedos y pulgares se levantan de la tarjeta o escáner, se deben girar hacia las puntas manteniendo la presión sobre los dedos y levantando la muñeca del sujeto con el fin de capturar tantos detalles de la crestas de fricción como sea posible, hacia la parte superior del área de patrón.

FIGURA 4-4

Posición de las manos del operador.

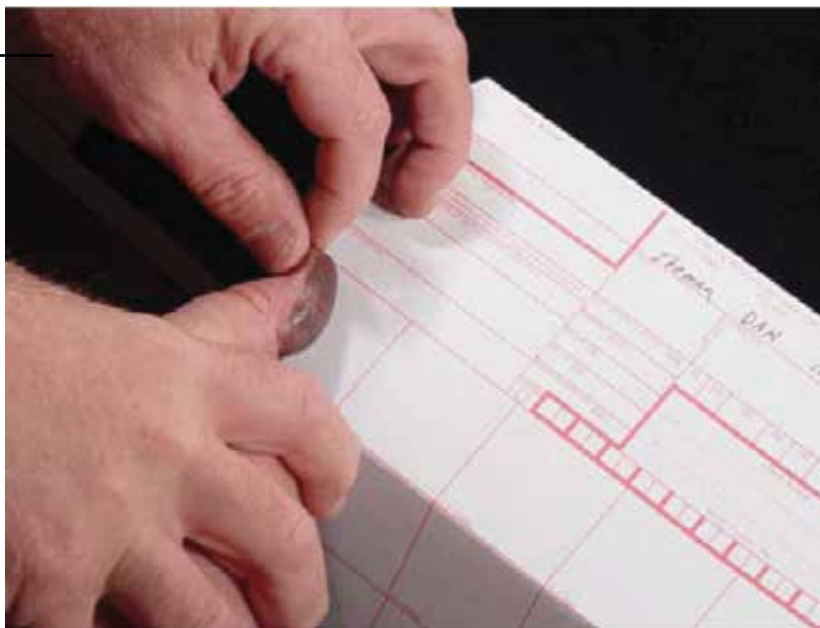


**FIGURA 4-5**

Registro de ejemplares de palma mediante el uso de un rodillo.

4.3.2 Registro de Palmas

Las palmas se registran de manera muy similar a las huellas dactilares; sin embargo, comúnmente se utiliza un dispositivo cilíndrico para facilitar el proceso y para asegurar el registro completo de todos los detalles de la cresta de fricción. Las palmas no se presionan en una placa de entintado, sino que, el rodillo se llena con tinta de la placa de entintado y se utiliza para aplicar una fina capa de tinta directamente en las manos, desde la base y bordes de las palmas hacia la punta de los dedos. Se debe tener cuidado para asegurar que la tinta se extiende por todas las áreas que cuentan con detalles de crestas de fricción.

Para registrar palmas, se fija una tarjeta estándar de 8 "x 8" o papel bond blanco pesado, a un rodillo de aproximadamente 3 "de diámetro. Cinta adhesiva o ligas pueden usarse para unir el papel al rodillo. (Algunos técnicos prefieren dejar que el papel "pasee" por el rodillo sin fijarlo, teniendo cuidado de evitar que se deslice). La palma entintada se gira, ya sea desde la base de la y hacia los dedos, o de los dedos hacia la base. Ambas variantes son aceptables y generalmente se deja a la discreción del técnico. La mayoría de los técnicos prefieren comenzar en la base de la palma y girar hacia los dedos ya que esto da el técnico más control sobre el sujeto y sobre la posición de la impresión en la tarjeta (Olsen, 1978, p 74). La mano simplemente se puede jalar más que empujar por la superficie, lo que también ayudar a prevenir el movimiento lateral de la mano del sujeto. La palma se debe registrar con un movimiento suave y

continuo para evitar manchas o distorsión (Figura 4-5). También debe aplicarse una ligera presión mientras se gira con el fin de mantener la integridad y registrar adecuadamente los centros de las palmas. (Extender el pulgar hacia un lado también ayudará a eliminar huecos en el centro de la palma que se registra). Los pulgares se registran por separado debido a su posición en la mano. El lado extremo de la palma, frente al pulgar, también conocido como "palma de la mano de escritor" (es decir, el borde de la zona hipotenar), también se registra por separado en la tarjeta para impresión palmar. La tarjeta se retira del rodillo y se coloca sobre una superficie plana y dura. Esta zona de la palma se apoya luego en la tarjeta para la impresión palmar, con el dedo meñique extendido a la derecha de la impresión palmar previamente registrada para la mano derecha, y a la izquierda de la impresión palmar previamente registrada para la mano izquierda, si el espacio así lo permite. La zona del pulgar de la palma (tenar área) se registra a continuación, de la misma manera y se coloca en el lado izquierdo de la impresión palmar derecho previamente grabada y para el lado derecho de la palma izquierda grabada previamente, de nuevo, si el espacio lo permite. La zona del pulgar de la palma (área tenar) se registra a continuación de la misma manera y se coloca en el lado izquierdo de la impresión palmar derecha previamente registrada, y para el lado derecho de la impresión palmar izquierda previamente registrada, nuevamente, si el espacio lo permite. Si el espacio provisto no permite registrar las áreas tenar e hipotenar en la misma tarjeta, se deberá utilizar tarjetas separadas para estos registros.

Un método alternativo simple para el registro de impresiones palmares consiste en el uso de un material de levantamiento adhesivo blanco, tal como Handiprint® (Kinderprint Co.), y polvo negro para huellas dactilares. El polvo para huellas dactilares se aplica ligeramente con un cepillo suave para huellas dactilares sobre toda la superficie de la palma. El material adhesivo se separa de la protección y se presiona sobre la palma de la mano mientras se suaviza desde el centro hacia los lados. El adhesivo flexible se ajusta a los pliegues y grietas de la palma con un deslizamiento mínimo que ayuda a generar una impresión palmar completa y con alto contraste. El material adhesivo de levantamiento se retira de la palma y se coloca sobre una cubierta de acetato transparente, preservando así la impresión para las comparaciones posteriores.

4.3.3 Registro de Impresiones de Casos Relevantes

*El registro de casos importantes** (también conocidos como *registro de criminales principales*) es un registro detallado de las crestas de fricción que cubren las manos. Si fuera necesario, esto también puede incluir un registro de los detalles de la cresta de fricción en los pies. Aparte de las huellas dactilares y palmares legibles y completamente registradas, el registro de casos importantes incluye un conjunto legible y totalmente registrado de las puntas de los dedos, desde justo debajo de la uña a la centro de los dedos, que se giró de un lado de la uña al otro, así como registro completo de las articulaciones inferiores de los dedos, incluyendo los lados extremos. El registro de casos importantes a menudo se requieren para la comparación de las impresiones desconocidas que han sido recogidos de la escena del crimen, y estas impresiones pueden incluir áreas detalladas de las crestas de fricción que no se registran de forma rutinaria.

Para empezar, un juego completo de huellas dactilares del sujeto se debe registrar como se describió anteriormente. A continuación, se registran todos los detalles restantes de las crestas de fricción en el área de las falanges de los pulgares y los dedos, usando tarjetas de 8"x 8" o papel bond blanco firmemente sujeto al borde de una mesa. Comenzando con el pulgar derecho, se aplica una fina capa de tinta sobre todos los detalles de la cresta de fricción

con un rodillo de tinta, desde la base del pulgar a la punta, incluyendo los lados extremos del dedo. Por lo general se comienza en la esquina inferior izquierda del papel, el lado extremo izquierdo del pulgar se presiona firmemente sobre el papel. El pulgar se retira elevando la base del pulgar y luego la punta. Esto permitirá registrar el lado extremo izquierdo del pulgar y la punta. Junto a esta impresión, el centro del pulgar se coloca en el papel y se retira de la misma manera, registrando así el detalle total de las crestas de fricción de la base del pulgar a la punta. El extremo derecho del pulgar se coloca entonces a la derecha de la parte central, registrando de este modo el lado extremo derecho del pulgar y la punta. Por último, por encima de las tres áreas grabadas del pulgar, el extremo lateral izquierdo de la punta del pulgar se coloca en el papel y se gira hasta el lado derecho extremo en un movimiento continuo. Este grupo de impresiones del detalle de las crestas de fricción del pulgar se debe etiquetar como "#1"; o "pulgar derecho", por encima de la impresión girada de la punta (Figura 4-6). Este proceso debe repetirse con los cuatro dedos restantes de la mano derecha, en sentido contrario a las manecillas del reloj sobre el papel.

Otro método preferido por algunos examinadores de huellas latentes es girar todo el dedo con un movimiento continuo de extremo a extremo, incluyendo las falanges inferiores, para asegurar la continuidad de la impresión. El área de las puntas también se posiciona y se registra por encima de estas impresiones de la misma manera.

Así, este procedimiento se repite para la mano izquierda. Con el fin de completar el proceso de impresión de casos principales, se registra entonces un juego legible y completamente de huellas palmares siguiendo el método descrito anteriormente.

4.3.4 Registro de Huellas Plantares

En ocasiones puede ser necesario registrar las huellas plantares de un sujeto. Se usa el mismo procedimiento básico que se utilizan con el registro de huellas palmares; sin embargo, debido al gran tamaño de un pie de adulto, se debe utilizar un rodillo y papel más grandes.

El rodillo que se usa para este proceso debe tener aproximadamente 5" de diámetro y deberá sostener una hoja de

*The Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST) has proposed a change in terminology from "major case prints" to "complete friction ridge exemplars" [SWGFAST, 2006, pp 619-627].

**FIGURA 4-6**

Detalle de la cresta de fricción del pulgar derecho de un juego de impresiones de casos importantes.

papel bond pesado blanco de 8.5" x 14 "(tamaño oficio) unida al rodillo, como se describió anteriormente. El pie debe girarse sobre el papel de la misma manera que con las huellas palmares, en un movimiento suave y continuo desde el talón hacia los dedos, haciendo que estos pasen por completo sobre el rodillo. El registro de los pies también se puede lograr aplicando tinta en las plantas de los pies del sujeto con un rodillo, e indicando al sujeto que camine sobre el papel que se ha extendido en el piso. Sin embargo, esto requiere la cooperación del sujeto y puede no producir impresiones satisfactorias, ya que la presión excesiva y el movimiento de los pies pueden manchar o desdibujar las impresiones. Otro método (Olsen, 1978, p 75) es colocar una tarjeta o papel sobre una tabla plana. Con el sujeto sentado, con una pierna elevada y apoyada, se presiona el papel contra la planta entintada del sujeto.

4.3.5 Circunstancias Extraordinarias

Los problemas van desde la incapacidad temporal (por ejemplo, heridas y ampollas) hasta las discapacidades permanentes (como dedos amputados, dedos de más, dedos palmeados, artritis, o parálisis) pueden estar presentes al obtener los estándares conocidos. La ocupación del sujeto (como la de albañil) puede también afectar la capacidad de obtener registros claros. En estos casos, el detalle de las crestas de fricción puede estar dañado o desgastado hasta el punto en que una grabación legible puede ser difícil de

conseguir. Sin embargo, con paciencia, habilidad y un poco de ingenio, es posible obtener registros satisfactorios.

La obtención de registros legibles de dedos o palmas heridos puede ser difícil, por lo que se debe hacer una anotación con relación a las incapacidades temporales (cortes recientes, heridas, dedos vendados, o ampollas grandes) en el bloque correspondiente en la tarjeta para huellas dactilares o palmares. Sin embargo, si fuera necesario clasificar o ingresar la información en una base de datos AFIS, sería aconsejable posponer el registro de huellas dactilares del sujeto, de ser posible, hasta después de que la lesión temporal haya sanado.

Algunas ocupaciones también pueden causar problemas a la piel con crestas de fricción, puesto que la gente que constantemente trabaja con sus manos, y tiende a sufrir con crestas de fricción desgastadas, ásperas, secas o dañadas, en los dedos y palmas, hasta el punto de que es difícil obtener registros legibles del detalle de sus crestas de fricción. Este problema se puede superar aplicando loción suavizante en las manos y los dedos antes de la toma de huellas. También, aplicar una muy pequeña cantidad de tinta en la placa de entintado (de modo que la tinta no entre en los surcos asegurando así que sólo la parte superior de las crestas están cubiertos) puede mejorar los detalles finos (FBI, 1979, pág. 127).

Estas mismas técnicas también son útiles para obtener patrones conocidos de ancianos o niños pequeños cuyos detalles de la cresta sean muy finos. La aplicación de hielo sobre piel con crestas de fricción también puede facilitar el registro de los detalles finos (Olsen, 1978, p 83). Puede pasar que las crestas de fricción del sujeto sean tan finas que la tinta cubra completamente las crestas y surcos. En estos casos, en vez de usar la tinta, el uso de un cepillo para aplicar sutilmente polvo para huellas dactilares negro sobre la piel con crestas de fricción será necesario para registrar los finos detalles de las crestas de fricción. El material blanco opaco de recolección (como Handiprint®) con una cubierta transparente, se utiliza para registrar las impresiones directamente de los dedos (Olsen, 1978, p 84). El número de los dedos debe marcarse en la cubierta transparente para evitar confusiones, así como para asegurar la correcta orientación de las impresiones. Las muestras se cortan para que ajusten dentro de los bloques correspondientes en la tarjeta para huellas dactilares y se aseguran con cinta adhesiva transparente.

Se debe registrar una anotación referente a cualquier discapacidad permanente, en el bloque correspondiente en la tarjeta para huellas dactilares (por ejemplo, "faltante de nacimiento" si el sujeto nació sin algún dedo). En los casos de amputación, se debe hacer una notación en el bloque correspondiente en la tarjeta para huellas dactilares. Si sólo se ve afectada una porción de la primera articulación del dedo, se debe registrar tan completamente como sea posible y se debe hacer una anotación.

En casos en donde los dedos están doblados o desfigurados, las herramientas (por ejemplo, rodillos de tinta o espátulas especiales, así como un soporte de tiras curvo) que se utilizan para obtener registro de personas fallecidas, se pueden utilizar para registrar el detalle las crestas de fricción.

Si un sujeto tiene más de 10 dedos (polidactilia), el pulgar y los 4 dedos más cercanos al pulgar se deben registrar en la tarjeta para huellas dactilares de forma habitual. Los dedos restantes deben registrarse en el otro lado de la tarjeta y se debe hacer una anotación. Dedos palmeados (sindactilia) deben registrarse de la manera más completa posible, incluyendo también una anotación en la tarjeta en relación con esta anomalía congénita (FBI, 1979, p 128).

4.4 Registro de Detalles de la Cresta de Fricción Post Mortem

Uno de los aspectos más difíciles, y a la vez gratificantes de la examinación de huellas latentes es la determinación de identidad en personas fallecidas. Se pueden usar varios métodos y técnicas para facilitar el registro y preservación exitosos de detalles post mortem de las crestas de fricción. En circunstancias que involucran niños fallecidos no identificados, a menudo se necesita obtener huellas plantares post mortem, ya que el personal del hospital suele registrar sólo los patrones de la huella plantar en los recién nacidos.

Cuando la descomposición, desecación (sequedad), o maceración (separación y reblandecimiento de la piel por inmersión en líquido) de la piel impide el registro satisfactorio de las crestas de fricción con los métodos tradicionales, las manos, los dedos o los pies de la persona fallecida pueden removerse quirúrgicamente por un médico examinador y enviados a un laboratorio, en donde se puedan llevar a cabo procedimientos avanzados.

Se han desarrollado muchas técnicas para procesar de manera eficaz la piel con crestas de fricción post mortem. Es importante darse cuenta de que el éxito del desarrollo, registro e individualización de un área de la piel generalmente pequeña, con crestas de fricción disponibles puede ser la pista más valiosa en la solución de un caso de homicidio, o para brindar la oportunidad de cerrar ciclos a una familia en duelo. Por esto, el examinador de impresión latente debe tener experiencia y conocimiento en esta área. La condición de la piel con crestas de fricción dictará los diversos métodos y técnicas que se deben utilizar para registrar de manera exitosa el valioso registro de detalles de las crestas de fricción.

El registro de detalles de las crestas de fricción en personas fallecidas puede a veces significar todo un reto. El registro satisfactorio en individuos recientemente fallecidos se puede realizar en la mayoría de los casos de la misma manera que el registro de huellas en individuos vivos, mediante el uso de algunas herramientas específicas que facilitan este proceso. Sin embargo, obtener el registro de detalles de las crestas de fricción de piel descompuesta, momificada, carbonizada o macerada, puede ser mucho más difícil.



4.4.1 Registro General de Sujetos Recientemente Fallecidos

Si las manos están en condiciones razonablemente buenas, la obtención de registros satisfactorios del detalle de las crestas de fricción de los dedos, generalmente se logra estirando los dedos y aplanando la palma. Para facilitar este proceso, el difunto se deben colocar con la cara y las palmas viendo hacia abajo sobre una mesa (de bruces) (FBI, 1979, p 136). Los dedos y las palmas de las manos deben estar limpias y secas. Si ya hay señales de rigor mortis (rigidez de los músculos) es posible romper el rigor al enderezar los dedos por la fuerza, que podrán registrarse usando equipo destinado para este propósito (por ejemplo, una herramienta en forma de cuchara, como se ve en Figura 4-7). Como siempre, antes de manipular cualquier tipo de material que presente riesgo biológico, se debe tener cuidado y asegurarse que el equipo de protección personal (guantes, mascarilla y protección para los ojos) se usa en todo momento.

Si son sólo los dedos lo que nos interesa, es posible registrarlos presionando el dedo justo por encima del nudillo. Esto enderezará el dedo y lo separará de los demás, facilitar así el registro adecuado. La palma de la mano se puede registrar flexionándola hacia delante por la muñeca. Es posible obtener registros adecuados mediante el registro de diversas áreas de la palma por separado (Cowger, 1983, p 29). Si ya existe rigor mortis, "Es mejor aprovechar esta condición, que tratar de superarla, mediante la flexión de la muñeca aún más hacia la parte interna del antebrazo y presionando los dedos uno por uno hacia la palma o la muñeca.

En esta posición, los dedos se separan y se enderezan de tal manera que cada uno se puede imprimir sin interferencia "(Olsen, 1978, p 85). " Si romper el rigor es difícil o ineficaz, o si la mano está tan encrespada que los dedos o la palma no se enderezará lo suficiente al presionarla hacia adentro, se puede requerir el corte de los tendones que causan dicha posición de la mano "(Cowger, 1983, p 29). (Se recomienda que sólo las personas legalmente designadas lleven a cabo esta actividad, ya que hay reglas en algunas jurisdicciones en relación con la disección de restos humanos.)

Existen muchos métodos satisfactorios para la aplicación de tinta sobre los dedos de un individuo fallecido. Uno de ellos consiste en usar una espátula que contenga una fina capa de tinta que haya sido aplicada por un rodillo de tinta. Así, la tinta se transfiere a los dedos pasando manualmente el rodillo alrededor de los dedos. Una tarjeta estándar para huellas dactilares puede entonces cortarse en dos tiras de cinco bloques o en bloques individuales. Un soporte de tiras o cuchara se utiliza para sostener la tira de papel. La tira o bloque se coloca en la cuchara con la parte superior de la tira hacia el mango de la cuchara. Los dedos entintados se giran en sus respectivos bloques de un borde de la uña al otro, como se describió anteriormente. Este procedimiento se repite en diferentes tiras hasta que se obtienen impresiones legibles. Si se utilizan tarjetas individuales, es aconsejable tener más de 10 cuadros recortados y listos, en caso de que algunos de ellos se malogren o el área de patrón no se haya grabado por completo (Olsen, 1978, p 86). Otro método para casos extremadamente difíciles es utilizar polvo para huellas dactilares negro y material blanco de adhesivo de recolección como Handiprint®.



FIGURA 4-7

Herramienta con forma de cuchara con tarjeta para huellas dactilares usada para registrar crestas de fricción post mortem.

4.4.2 Registro de Cresta de Fricción en Piel Descompuesta

La piel putrefacta (piel que está en un estado de descomposición o putrefacción) es frágil. Tal putrefacción es generalmente el resultado de varios factores biológicos tales como bacterias, los hongos o la fermentación. Los parásitos también pueden haberse infiltrado en este tejido necrótico. Se debe tener cuidado extremo al examinar y manejar de esta frágil piel con crestas de fricción.

Si, luego de un examen, la piel con crestas de fricción está presente, distinguible, y no muy dañada, es posible que con cuidado extremo, simplemente se entinte y registre la piel con crestas de fricción. Sin embargo, si la piel con crestas de fricción es correosa y se está separando de los tejidos subyacentes, o es demasiado frágil para que el técnico aplique la tinta de la manera habitual, la piel con crestas de fricción puede retirarse del tejido subyacente. La piel debe limpiarse y secarse y se puede registrar mediante la colocación de cada dedo, o sección de piel con crestas de fricción, sobre el dedo o la palma enguantada del técnico para entintar y registrar la piel con crestas de fricción como si se tratara de las del técnico. Como siempre, el cuidado de la documentar los que se registran es importante. También se recomienda fotografiar el detalle de la cresta visible antes de cualquier técnica que puede provocar un mayor deterioro de la piel de fricción.

Una solución de remojo 10-15% de formaldehído se puede utilizar en casos extremos para reafirmar la piel y así facilitar este proceso. Sin embargo, el formaldehído puede hacer que la piel se vuelva muy dura y quebradiza, lo que puede ocasionar que la piel se rompa. La piel debe remojar durante una hora aproximadamente, hasta que esté suficientemente firme. Una vez endurecida, la piel con crestas de fricción se debe remover, secar con las manos, y se registrar (FBI, 1979, pág. 143-144). Otros métodos similares sugieren empapar los dedos o la piel de fricción en solución al 10% de formaldehído durante varias horas. Luego, la piel se enjuaga suavemente con agua corriente, enjuagada nuevamente en isopropanol con calidad de laboratorio para eliminar el exceso de humedad, secada a mano y registrada como se describió anteriormente (Miller, 1995, p 603).

En muchos casos, especialmente si la descomposición es avanzada, los detalles distinguibles de la cresta de fricción puede ya no estar presentes, debido a que las capas superiores de la piel con crestas de fricción pueden estar completamente descompuestas o destruidas. En estos

casos, las capas de fondo o inferiores de la piel con crestas de fricción, así como la dermis, pueden revelar detalles distinguibles de la cresta de fricción y pueden ser registrados con éxito.

Un método que se utiliza para registrar la parte inferior de la piel con crestas de fricción es cubrir ligeramente la parte inferior de la capa epidérmica de la piel con crestas de fricción, con el polvo para huellas dactilares antes de aplicar la tinta. Posteriormente la parte inferior de la piel con crestas de fricción se gira en una sección de la cara adhesiva de la cinta de recolección de huellas dactilares (Rice, 1988a, p 100).

Para continuar, la piel con crestas de fricción debe estar completamente seca, para esto, la piel se debe colocar entre toallas de papel. Con la parte inferior de la capa epidérmica de la piel expuesta, se espolvorea ligeramente con polvo de negro para huellas dactilares y se coloca sobre propio dedo enguantado del técnico. A continuación, la piel se recubre, utilizando un rodillo de tinta de manera habitual, o girándola en una superficie de entintado que ha sido recubierta con tinta para así, aplicar una capa fina y uniforme de la tinta para huellas dactilares. El polvo para huellas dactilares se necesita para facilitar la remoción de la sección piel de la cinta. Luego, la piel se gira por el lado adhesivo de una sección de la cinta para huellas dactilares transparente o esmerilada. Es importante señalar que la impresión que resulte de este método en el lado adhesivo de la cinta, tendrá la orientación correcta al momento hacer la comparación cuando se coloque el lado adhesivo hacia abajo en el bloque correspondiente de la tarjeta para huellas dactilares, o si se trata de huellas palmares, en la tarjeta de impresión palmar. Las impresiones se invertirán tonalmente (crestas blancas) porque los surcos (valles), en contraposición respecto a las crestas, serán entintadas y registradas. Si fuera necesario, la inversión tonal se puede revertir fotográficamente (Rice, 1988a, pág. 98-100).

Si la piel con crestas de fricción es demasiado frágil para intentar los métodos anteriormente descritos, la parte inferior de la piel con crestas de fricción puede fotografiarse. Para lograr esto, "se recomienda recortar la piel, aplanarla entre dos piezas de cristal y fotografiarlo en esa posición" (FBI, 1979, pág. 144).

La piel se recorta mediante la eliminación cuidadosa y meticulosa del exceso de carne mediante cepillado, corte y recorte hasta que sólo la piel con crestas de fricción permanece y puede aplanarse de manera satisfactoria entre



dos piezas de cristal. Otro método para mejorar aún más los detalles de la cresta de fricción es utilizar la iluminación transmitida. Esto se logra hacer pasar un haz de luz a través de la piel hacia el lente de la cámara al fotografiar. Si la piel aún no es suficientemente transparente, se deberá empar la piel en xileno durante aproximadamente cinco minutos antes de tomar la fotografía, o mantener la piel inmersa en xileno mientras se fotografía es recomendable. Una vez que se obtiene una fotografía adecuada, el negativo se puede imprimir según sea necesario para proporcionar orientación correcta a la impresión para comparaciones posteriores con patrones conocidos (FBI, 1979, pág. 145–147).

4.4.3 Registro de Piel con Crestas de Fricción Macerada

La maceración tiene lugar cuando la piel con crestas de fricción se sumerge, por lo general en agua, durante un período prolongado. La capa epidérmica absorbe el agua, a menudo se hincha y se puede separar de la dermis pocas horas después de la inmersión (FBI, 1979, pág. 151).

Si la piel con crestas de fricción no está muy dañada, la piel se debe limpiar, lavar con alcohol y registrar con cuidado como se describió anteriormente para los sujetos recientemente fallecidos. Si la piel está separada de la capa dérmica y está arrugada, es posible jalar la piel desde la parte posterior del dedo para estirar el área de patrón, pellizcando la piel con fuerza. Esto facilitará el entintado y el registro (FBI, 1979, p 151). Estirar la piel con crestas de fricción de esta manera puede también facilitar el registro de huellas palmares y plantares.

Es importante señalar que este tipo de proceso puede agrandar el área de patrón en los dedos, lo que puede ser importante al llevar a cabo una búsqueda AFIS con algunos sistemas. La epidermis de una mano “desinflada” puede ser hasta un 33% más grande que la dermis. Por esta razón, si una búsqueda AFIS no revela una individualización a partir del registro original, la impresión debe ser buscado de nuevo al 70% de su tamaño original (Leas, 2006).

En este tipo de situaciones, en las que la piel está arrugada pero no flexible, y por lo tanto no permite que la piel se estire suavemente a través del área de patrón, se puede inyectar glicerina o ‘tissue builder’ en el bulbo del dedo para redondear el área de patrón. Una cuerda atada justo encima de la zona de la inyección ayudará a prevenir que el fluido se escape. A menudo, la piel estará suelta y algo dañada pero con el área de patrón aún intacta. Si este es el caso, la piel

con crestas de fricción debe ser cuidadosamente retirada, lavada y colocada en alcohol durante aproximadamente un minuto. Posteriormente la piel se coloca cuidadosamente sobre el dedo enguantado del técnico para facilitar el entintado y el registro (FBI, 1979, pág. 151).

Como siempre, los detalles de las crestas de fricción también se pueden fotografiar en el dedo, o cortar y preparar como se describió previamente para piel con crestas de fricción descompuesta, para colocarse entre dos piezas de cristal y fotografiarse con luz reflejada o transmitida. Si no existen detalles de la cresta de fricción distinguibles en las capas externas de la epidermis, es posible que la parte inferior de la epidermis o la parte superior de la dermis puedan ser registradas o fotografiadas, como se ha descrito anteriormente para la piel con crestas de fricción descompuesta.

Para situaciones en las que la epidermis se encuentra o ha sido totalmente destruida a causa de la inmersión prolongada en un líquido, un método conocido como la rehidratación osmótica (el método de ebullición) puede producir resultados muy satisfactorios. Este método produce los mejores resultados cuando se utiliza en las manos o los pies que son suaves y flexibles, sin epidermis presente, y con las crestas de la dermis que aparece plana. El agua caliente rellena la dermis, facilitando así la grabación de las crestas. Para continuar, el agua se calienta en una olla hasta justo por debajo del punto de ebullición (~ 200° F) y se mantuvo a esta temperatura. La piel crestas de fricción está procesando se sumerge en el agua caliente durante 10 segundos. Se recomienda un tiempo más corto para el detalle fino reborde (por ejemplo, como lo tienen los niños), o cuando la descomposición avanzada está presente. Un tiempo más largo, de hasta 30 segundos, puede que sea necesario a criterio del examinador. La fricción detalle cresta elevada se debe limpiar con cuidado, si es necesario, con un cepillo y agua de cerdas suaves en la dirección del flujo de crestas, se limpió con alcohol, y ligeramente espolvoreada con polvo negro de huellas dactilares. Un material de elevación adhesivo blanco se utiliza para registrar y preservar el detalle crestas de fricción (LEA, 2006) (Figura 4-8).

4.4.4 Registro de Piel con Crestas de Fricción Desecada

Los métodos tradicionales para registrar los detalles de las crestas de fricción piel desecada por lo general implican separar las manos o los pies y someter la piel a muchas horas de remojo en químicos rehidratantes potencialmente destructivos y técnicas de suavizantes. A pesar de que

FIGURA 4-8

Fotografía de mano macerada antes (mano de arriba) y después (mano de abajo) del tratamiento de "hervido". (Foto cortesía de la división de desastres del FBI).



estos métodos, que luego se tratarán más detalladamente, funcionan bien para rehidratar la piel con crestas de fricción, existe otro método mucho menos destructivo y menos tardado. Este método involucra el uso de un producto de silicona (Mikrosil) para el exitoso registro de detalles de las crestas de fricción que se han sido sometidos a diversos tipos de condiciones destructivas, tales como la desecación, el endurecimiento o la formación de arrugas. No siempre es necesario retirar las manos o los pies, y este procedimiento se puede realizar en la morgue.

Para empezar, la piel con crestas de fricción debe estar limpia y seca. Los dedos deben estar separados para evitar que los moldes de silicón se peguen entre sí. Se aplica una ligera capa de polvo negro para huellas dactilares con un cepillo suave sobre las crestas de fricción. El material para moldear se mezcla a continuación según las instrucciones que incluye y se aplica a cada dedo u otras áreas de la piel con crestas de fricción. Después de aproximadamente 15 minutos, los moldes se retiran uno a uno se marcan según corresponda, revelando así "un molde tridimensional de alto contraste y muy detallado" (Tomboc y Schrader, 2005, pág. 473) (Figura 4-9). De este modo, los moldes de silicona se pueden fotografiar y conservar. Cuando se examinen los modelos, los detalles de las crestas de fricción aparecerán en negro y tendrán en la misma orientación que si hubieran sido registradas en una tarjeta para huellas dactilares o palmares. En piel con crestas de fricción severamente dañada o descompuesta se puede usar polvo de

Greenwop, que emite fluorescencia bajo la luz ultravioleta; también se puede utilizar material de para moldes negro. Posteriormente, los modelos resultantes se fotografían usando luz ultravioleta (Tomboc y Schrader, 2005, pág. 474). Si este método no arrojara detalles distinguibles de las crestas de fricción, se deberán implementar los métodos tradicionales de rehidratación y ablandamiento. Una vez que la piel está rehidrata y suavizada, se podrá utilizar el método Mikrosil luego de los métodos tradicionales para así, facilitar el registro satisfactorio de cualquier detalle restaurado de las crestas de fricción.

4.4.5 Método de Rehidratación Tradicional

Este método se utiliza principalmente cuando las condiciones de sequedad y deshidratación extremas hacen que la piel con crestas de fricción sufra de arrugamiento y marchitamiento excesivo y de los tejidos, impidiendo así la obtención de registros suficientes mediante el uso de métodos menos destructivos. Los dedos manos o pies deben colocarse en botellas de 75 ml tapadas, con el lado de la uña hacia abajo. Las botellas deben estar etiquetados con el nombre del sujeto, número de caso y el número de dedo de mano o pie. Se debe tomar fotografías de cualquier detalle de las crestas de fricción antes del proceso de rehidratación, porque este procedimiento es potencialmente destructivo para los tejidos.

Es aconsejable comenzar con un dedo antes de procesar los dedos restantes, con el fin de determinar el grado de

**FIGURA 4-9**

Remoción del molde de un dedo. (Reimpresión de Tomboc and Schrader, 2005, p 478.)

destrucción que causa dicho proceso. Las botellas de 75 ml tapadas se llenan con suficiente solución de hidróxido de potasio o de sodio 1% a 3% (FBI, 1979, pág. 147-148) para cubrir los detalles de la cresta de fricción. Las botellas tapadas se refrigeran por un lapso de 24 a 48 horas aproximadamente (Rice, 1988b, p 153). Se debe revisar todas las botellas cada 4 o 6 horas para monitorear que no haya destrucción excesiva. El detalle crestas de fricción se comprueba periódicamente hasta que las capas internas de la piel sean flexibles de tal manera que la piel ceda ligeramente bajo presión. Como se mencionó anteriormente, las soluciones de sodio e hidróxido de potasio son destructivas para los tejidos y provocan el desprendimiento de algunas de las capas externas de la piel con crestas de fricción. Las capas externas de la piel con crestas de fricción pueden retirarse cepillando suavemente la piel (siguiendo la dirección del flujo de crestas) con agua tibia y un cepillo de dientes de cerdas suaves que contenga limpiador de manos en polvo. Si el detalle de la cresta es prominente, y la piel con crestas de fricción es suave y flexible, estará entonces lista para el registro. En este punto, la epidermis debe ser blanca y suave. Sin embargo, si la piel con crestas de fricción luce plana y rígida, entonces deberá remojarse en una solución de detergente líquido y agua del mismo modo que con la solución de hidróxido. (Si este paso fuera necesario, una cucharada de líquido para lavar trastes se deberá colocar en la botella de 75 ml con suficiente agua tibia para cubrir el detalle de las crestas de fricción.) La piel con crestas de fricción deberá remojarse a temperatura ambiente durante

un lapso de 24 a 48 horas aproximadamente, y nuevamente monitorearse cada 4 a 6 horas. Este proceso puede causar también desprendimiento extra de los tejidos, que deberá eliminarse con un cepillo de cerdas suaves, como se describió anteriormente.

Una vez que la piel con crestas de fricción es suave y flexible, y muestra detalles distinguibles y prominentes de las crestas de fricción, está lista para ser registrada. La duración del lapso durante el cual la piel debe permanecer sumergida en estas soluciones dependerá del grado desecación. Sin embargo, si se deja demasiado tiempo, la piel con crestas de fricción podría potencialmente destruirse (Rice, 1988b, pág. 152-155).

4.4.6 Registro de Piel con Crestas de Fricción Rehidratada

Aunque el proceso de rehidratación debería hacer que la piel con crestas de fricción se vuelva suave y flexible, la piel con crestas de fricción floja y arrugada puede causar que el registro sea difícil con algunos métodos. Como siempre, para evitar confusiones, los dedos se deben registrar uno a la vez. El método descrito anteriormente para el registro de registro para piel rehidratada con crestas de fricción (Tomboc y Schrader, 2005, pág. 471-479) ha resultado exitoso luego de la rehidratación mediante métodos tradicionales. Sin embargo, existe otro procedimiento (Rice, 1988b, pág. 152-155) que involucra el uso de 'tissue builder' o glicerina para "rellenar" la piel con crestas de fricción, inyectando

cuidadosamente el material en la punta del dedo, desde el lado de la uña y hacia el centro del dedo, luego de haber rehidratado la piel.

Para empezar, los dedos deben estar atados con una cuerda alrededor de la falange distal (primera articulación) para evitar que el material inyectado escape. Se inyecta suficiente material en el dedo para redondear la piel con crestas de fricción, lo que permite un registro exitoso. Una pinza hemostática de bloqueo se fija entonces al dedo a manera de extensión para facilitar el proceso de registro. Ahora, el dedo debe estar completamente seco para dar lugar a la adhesión apropiada de la tinta para huellas dactilares. Para lograr esto, el dedo se debe secar suavemente con toallas de papel y espolvorear ligeramente con polvo para huellas dactilares. El exceso de humedad y polvo se puede eliminar rodando el dedo sobre toallas de papel hasta que los dedos estén suficientemente secos. A continuación la piel con crestas de fricción se cubre con una capa delgada de tinta para huellas dactilares, ya sea rodándolo en una placa de entintado o aplicando tinta directamente sobre la piel con crestas de fricción con un rodillo de tinta. Posteriormente, el dedo se registra de manera habitual, presionando suavemente el lado de la uña, mientras se rueda sobre una ficha u otro tipo de tarjeta adecuado para registro. Este proceso se debe repetir hasta que se obtengan resultados satisfactorios. Posteriormente las impresiones registradas se colocan en los bloques correspondientes sobre una tarjeta para huellas dactilares estándar.

Si no se puede obtener resultados satisfactorios utilizando este método de entintar y rodar, es posible lograr registros satisfactorios utilizando polvo y la cinta de recolección (Rice, 1988b, p 155). Una ligera capa de polvo negro de huellas dactilares se aplica sobre los detalles las crestas de fricción. Un trozo de cinta de recolección se coloca sobre el detalle de las crestas de fricción empezando por un lado, y se presiona ligeramente hacia el otro lado mientras se alisa. Una vez hecho esto, se retira la cinta y se coloca sobre un trozo de plástico claro tipo Mylar. También se puede utilizar hojas blancas opacas de recolección con una cubierta transparente (Olsen, 1978, p 98).

La masilla 'Putty' puede usarse como un cojín sobre el cual rodar el dedo. Putty (sello para uniones de conductos) es moldeable y no secante. (Se utiliza en plomería y electricidad, y se puede conseguir en ferreterías.) Una bola de sellador de conductos se coloca sobre la superficie de trabajo y se aplana. Un pedazo de una hoja de recolección se coloca sobre el sellador de ductos y el dedo impregnado de polvo se rueda sobre la hoja de recolección (Figuras 4-10 y 4-11). El sello de ductos permite que la hoja de recolección se adapte a las arrugas extremas del dedo, creando así una impresión de la huella dactilar de toda la zona del dedo (figura 4-12).

Independientemente de la cinta que se use, la impresión registrada se coloca ahora en el bloque correspondiente (con el lado adhesivo hacia arriba) en la tarjeta para huellas dactilares con la orientación correcta. (Cuando se utilice

FIGURA 4-10

La hoja de recolección se coloca sobre el sellador de ductos. (Foto cortesía de la Unidad de Impresiones Latentes del FBI).





cinta para huellas dactilares transparente, si la impresión registrada se fuera a colocar con el lado adhesivo hacia abajo en la tarjeta para huellas dactilares, la impresión de la huella se invertiría.) El recolector claro removerá manteniendo la orientación correcta y se marcará en ese momento con el número de dedo, y todos los otros datos necesarios.

4.4.7 Registro de Piel con Crestas de Fricción Carbonizada

En ocasiones se puede necesitar el registro de detalles de las crestas de fricción que han sido sometidas fuego

intenso. Esto puede dar lugar a que la piel se carbonice, lo que hace que se vuelva muy frágil fácil de destruir. En caso de que fuera necesario quitar manos pies, se debe tener cuidado de no destruir la capa epidérmica de la piel con crestas de fricción. En el peor de los casos, para piel severamente carbonizada, fotografiar cualquier detalle distinguible de las crestas de fricción, usando iluminación oblicua (de lado a lado) puede ser el único método que capaz de arrojar resultados satisfactorios (FBI, 1979, p 150).

El procedimiento correcto para registrar detalles de las crestas de fricción que han sufrido desecación y carbonización será



FIGURA 4-11

El dedo impregnado con polvo se rueda sobre la hoja de recolección. (Foto cortesía de la Unidad de Impresiones Latentes del FBI).



FIGURA 4-12

Huellas dactilares post mórtem en una hoja de recolección. (Foto cortesía de la Unidad de Impresiones Latentes del FBI).

determinado por el nivel de destrucción en la piel crestas de fricción. Afortunadamente, en algunos casos, la piel con crestas de fricción en dedos y palmas está relativamente protegida por el endurecimiento de los músculos flexores, ligamentos y tendones de las manos y los brazos que, como resultado del calor intenso, hace que los dedos formen puño bien cerrado (actitud pugilística). El calor intenso también causar generalmente la separación de la capa epidérmica de la capa dérmica de la piel con crestas de fricción.

Un método consiste en terminar con el proceso de separación de la capa epidérmica de la capa dérmica de la piel mediante la refrigeración (Rice, 1992, pág. 18-25). Para facilitar el entintado y el registro, se usa un rodillo de tinta para depositar una fina capa de tinta sobre el patrón (lado de la cresta) de la piel. A continuación la piel se voltea y se rueda en la parte posterior, registrando así el detalle de las crestas de fricción en una tarjeta estándar.

Para iniciar este procedimiento, un médico forense o patólogo separa las manos (o pies) y se colocan en recipientes separados y etiquetados con la información apropiada. A continuación, los recipientes se refrigeran aproximadamente 5 a 7 días, monitoreando todos los días la separación de la piel. Cuando la piel se separa, tiene un color blanco lechoso y se ve "como un guante de látex arrugado que es una talla más grande que quien lo va a usar" (Rice, 1992, pág. 19). Luego de la remoción de la piel, cualquier porción de carne suelta o carbonizada, así como cualquier material extraño, deberá removerse cuidadosamente mediante la sutil acción de un cepillo dental con cerdas suaves, para exponer tantos detalles distinguibles de las crestas de fricción como sea posible. Además, se deberá llevar a cabo exámenes por separado para evitar cualquier confusión de crestas de fricción. Posteriormente, la piel con crestas de fricción se retira de las palmas cortando cuidadosamente a lo largo de los bordes exteriores usando tijeras de punta curva. Las incisiones también se hacen en la base de las palmas, la base de los dedos, y en la base de los pulgares. La piel con crestas de fricción de los pies se retira haciendo incisiones a lo largo de los bordes exteriores de los pies, en la base de los talones, y en la base de los dedos.

El tejido conector entre las capas epidérmica y dérmica se corta cuidadosamente con tijeras, apuntándolas lejos de la piel. Luego, la capa epidérmica de la piel se separa de la capa dérmica. A continuación, la piel con crestas de fricción separada se sumerge en agua tibia durante unos segundos y se extiende para continuar con la limpieza sutil. Una pequeña porción de líquido lavaplatos se aplica sobre

un cepillo de dientes de cerdas muy suaves, que posteriormente se usa para limpiar cuidadosamente cualquier residuo restante mediante un cepillado que siga el patrón de flujo de las crestas para evitar dañarlas. Durante este proceso, la piel se debe enjuagar frecuentemente con agua limpia y tibia. Luego de que la piel está suficientemente lavada y enjuagada, debe secarse cuidadosamente con toallas de papel.

Para registrar el detalle de las crestas de fricción de esta piel, se entinta ligeramente un rodillo, valiéndose de una placa de entintado de la misma manera que cuando se registran patrones entintados de una persona viva. La piel con crestas de fricción por registrar se coloca entonces sobre una superficie plana y dura, con el lado de la cresta hacia arriba. Se aplica presión suave sobre la piel mientras ésta se mantiene fija en su lugar para luego entintarla. Posteriormente, la piel voltea, dejando lado con crestas de fricción hacia abajo, sobre una tarjeta de registro estándar de "8 x 8", y manteniendo la piel fija en su lugar, se pasa el rodillo suavemente por encima, presionando la tinta sobre la tarjeta. Este método se debe repetir hasta lograr registros satisfactorios.

Los dedos de las manos y los pies también se pueden grabar de esta manera, teniendo cuidado de separarlos, etiquetarlos y examinarlos por separado para evitar confusiones. Para separar la piel con crestas de fricción de los dedos de pies y manos, se recomienda hacer incisiones en la base de los dedos, a lo largo de los lados externos y alrededor del interior de la uña, teniendo cuidado de no dañar ninguna de las áreas del patrón. La piel con crestas de fricción posteriormente se separa cortando el tejido conector desde la base, del mismo modo que se hizo con la piel de la palma. La limpieza, secado, entintado y registro se llevan a cabo del mismo modo descrito anteriormente (Rice, 1992, pág. 18-25).

4.5 Resumen

Los métodos y técnicas descritos en este capítulo para registro de detalles de las crestas de fricción vivientes y post-mórtem son adecuados en la gran mayoría de las condiciones y circunstancias. Sin embargo, es posible que surjan circunstancias extraordinarias que requieran paciencia y habilidades extra para lograr resultados ideales. Los registros de calidad de sujetos vivos por lo general no son muy difíciles de obtener, en tanto que el individuo sea cooperativo. Sin embargo, el registro de detalles de las crestas de



fricción post mórtem puede llegar a ser un desafío mayor debido a las condiciones variables de la piel con crestas de fricción. También hay muchos niveles de dificultad asociados con esta labor, y por tal motivo la formación adecuada, experiencia y la determinación son esenciales.

4.6 Revisores

Los revisores de éste capítulo fueron Herman Bergman, Patti Blume, Mike Campbell, Sue Mancini Coppejans, Robert J. Garrett, Laura A. Hutchins, Bridget Lewis, Michelle L. Snyder, Lyla A. Thompson, Juliet H. Wood, and Rodolfo R. Zamora.

4.7 Referencias

Cowger, J. F. *Friction Ridge Skin, Comparison and Identification of Fingerprints*; Elsevier Science Publishing Company: New York, 1983.

Federal Bureau of Investigation, U.S. Department of Justice. *The Science of Fingerprints*; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 1979.

Leas, R. L. Program Manager, FBI Disaster Squad—Victim Identification Unit, Quantico, VA. Personal communication, 2006.

Miller, R. D. Recovery of Usable Fingerprint Patterns from Damaged Postmortem Friction Ridge Skin. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (6), 602–605.

Olsen, Sr., R. D., *Scott's Fingerprint Mechanics*; Charles C Thomas: Springfield, 1978.

Rice, K. A. Printing of the Underside of the Epidermal Surface of Decomposed Fingers. *J. Forensic Ident.* 1988a, 38 (3), 98–100.

Rice, K. A. The Re-Hydration and Printing of Mummified Fingers. *J. Forensic Ident.* 1988b, 38 (4), 152–156.

Rice, K. A. Printing the Deceased Who Have Been Subjected to Fire. *J. Forensic Ident.* 1992, 42 (1), 18–25.

Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology. Special Notice—Name Change for Major Case Prints to Complete Friction Ridge Exemplars. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (4), 619–627.

Tomboc, R.; Schrader, M. Obtaining Fingerprint and Palmprint Impressions from Decomposed Bodies or Burn Victims Using the Mikrosil Casting Method. *J. Forensic Ident.* 2005, 55 (4), 471–479.

CAPÍTULO



SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE CRESTAS DE FRICCIÓN

LAURA A. HUTCHINS

CONTENIDOS

3 5.1 Introducción a los Sistemas de Clasificación

3 5.2 Identificación Criminal en el Pasado

4 5.3 Inicios de la clasificación

7 5.4 Nacimiento de los Sistemas de Clasificación Modernos

10 5.5 Sistema Monodactilar

13 5.6 Sistemas de Clasificación de Huellas Plantares y Palmares

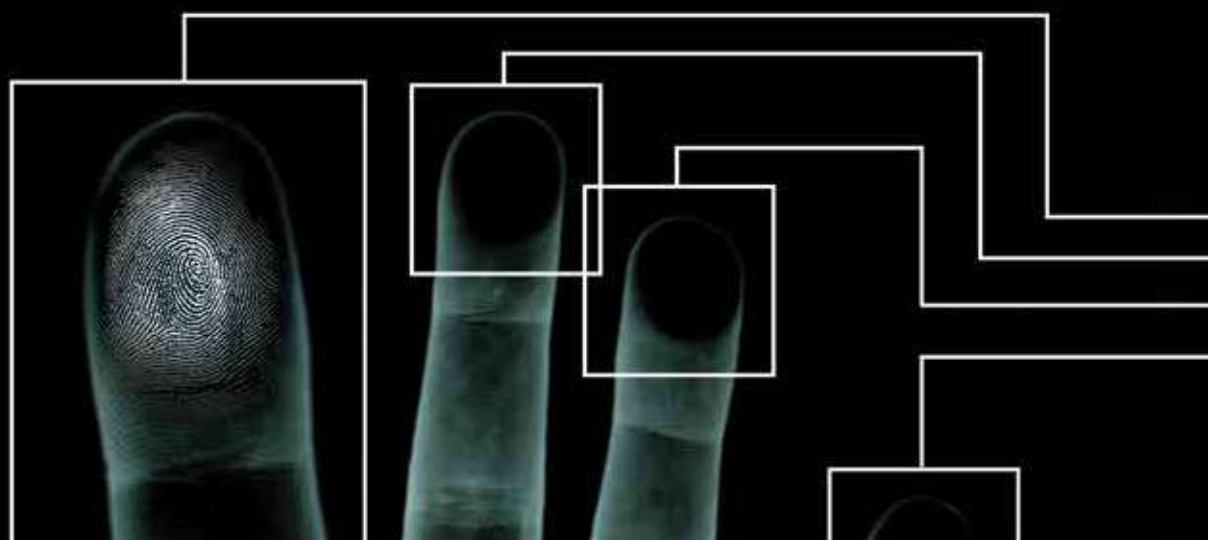
18 5.7 Automatización por Computadora y Clasificación de Impresión

24 5.8 Conclusión

24 5.9 Revisores

24 5.10 Referencias

25 5.11 Información Adicional





CAPÍTULO 5

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE CRESTAS DE FRICCIÓN

LAURA A. HUTCHINS

5.1 Introducción a los Sistemas de Clasificación

El concepto de individualización de crestas de fricción como medio infalible de personalización tiene sus raíces en la historia del hombre y de nuestra necesidad inherente de individualizarnos a nosotros mismos, y ser identificados en un mundo en constante expansión. Conforme la población creció y las ciudades se llenaron de distintas clases de personas, las poblaciones dentro de cárceles y prisiones también crecieron. La capacidad de identificar con precisión a los reincidentes era fundamental para la eficacia de las instituciones de justicia penal. Se hizo primordial que un método exacto de individualización fuese desarrollado.

5.2 Identificación Criminal en el Pasado

Antes de cualquier tipo de identificación criminal científica, la comunidad de justicia penal utilizaba métodos puramente visibles para determinar la identidad. Estos métodos involucraban tatuajes o escarificación para denotar a criminales. Sin embargo, este tipo de identificación parecía barbárica e ineficiente. No fue sino hasta la llegada de la fotografía que se ideó un método más humano de identificación criminal.

Este método consistía en tomar fotografías de todos los que eran detenidos y estas fotografías se incorporaban en un compendio de identificación, conocido como rogues' gallery. (Para más información sobre rogues' galleries, consulte el Capítulo 8). El uso de este compendio de fotografías como medio de identificación penal pronto demostró que no era científica ni eficaz, porque cuando los delincuentes eran puestos en libertad, podían cambiar su aspecto. Un simple corte de pelo y cambio de ropa podían hacer irreconocible al delincuente. Además, muchos departamentos de policía carecían de visión para estandarizar las fotografías tomadas

de quienes eran arrestados (Dilworth, 1977, pág. 1). Por ejemplo, las mujeres se dejaban puestos sus sombreros con los velos hacia abajo e inclinaban la cabeza cuando las fotografiaban para la galería. Sin embargo, para la comunidad de la justicia penal, la fotografía era el único medio para documentar la identidad de los delincuentes.

5.2.1 Alphonse Bertillon y la antropometría*

Alphonse Bertillon comenzó su carrera en el servicio público en 1879, después de haber cumplido su servicio militar en el ejército francés y se unió a la Prefectura de Policía de París como empleado en la División de Identificación. Estaba a cargo de un trabajo monótono, grabando en tarjetas las descripciones físicas de las personas que habían sido detenidas. En ese momento, éste era el único método disponible para identificar a los reincidentes.

La primera contribución de Bertillon a la reorganización de los archivos penales del departamento era incorporar el uso de la fotografía estándar. La fotografía anterior había sido desordenada e incoherente. Un mes después de su nombramiento como encargado de registros comenzó un sistema organizado y estandarizado de fotografía. Este sistema implicaba tomar fotografías de cara completa y de perfil de los criminales que entraban al sistema de justicia penal.

En 1882, después de haber contribuido en gran medida al deficiente método existente de identificación criminal, Bertillon se dio a la tarea de establecer la identidad de los reincidentes por medio de un método más científico (Rodas, 1956, pág. 71-101). Reflexionando sobre las profesiones de su familia como estadísticos, demógrafos y médicos se embarcó en la creación de un método estándar de identificación que se basaba en la medición de partes específicas del cuerpo: la antropometría. Él creía que al registrar las medidas del cuerpo de un delincuente, estaba estableciendo la fórmula corporal de dicho delincuente que se aplicaría a esa persona y no cambiaría.

En 1883, Bertillon creía que había inventado un sistema completo de identificación criminal. La información que registró estaba dividida en tres secciones: (1) la información descriptiva como altura, peso y color de los ojos; (2) marcas en el cuerpo como cicatrices, tatuajes y deformaciones; y (3) las medidas del cuerpo. Eligió 11 medidas específicas del cuerpo que creía se podrían medir con facilidad y precisión. Para crear un sistema de clasificación que fuera

manejable y productivo, cada una de las 11 medidas se subdividió en tres grupos con rangos de variación.

Este sistema de clasificación se convirtió en el primer sistema científico que se utilizó para identificar delincuentes. En 1884, *Bertillonage*, como su sistema llegó a conocerse, identificó a 241 reincidentes (Beavan, 2001, pág. 91). Debido a esta impresionante trayectoria, otras instituciones de justicia penal de Europa y Estados Unidos rápidamente adoptaron el Bertillonage.

A medida que más instituciones policiales comenzaron a tener registros de Bertillon, se hizo evidente que el sistema estaba defectuoso y no era más que un parche para el problema evidente de una identificación criminal confiable. El problema principal era que las medidas adoptadas por los diferentes oficiales eran lo suficientemente distintas para excluir a las futuras identificaciones, o lo suficientemente similares como para identificar a dos individuos como una misma persona.

Otro problema era que las 243 categorías básicas del sistema eran suficientes para una dependencia que manejaba de 5,000 a 10,000 registros, pero las colecciones que superaban los 10,000 registros presentaban problemas; los oficiales se encontraban a sí mismos buscando a través de las categorías que contenían una cantidad inmanejable de tarjetas. El tiempo que se requería para comprobar los registros duplicados aumentó de unos pocos minutos a varias horas. Además, el proceso de envejecimiento podía afectar la precisión de las mediciones, especialmente si las medidas en el expediente se hubieran tomado cuando el individuo no estaba desarrollado completamente.

El darse cuenta de estos desafíos, junto con la introducción de las huellas dactilares como método de identificación, eventualmente se pondría fin al uso del sistema de Bertillon. Sin embargo, no fue sino hasta el siglo 20 que la antropometría fue completamente descartada como un método de identificación criminal en Europa y los Estados Unidos.

5.3 Inicios de la Clasificación

5.3.1 Johannes Evangelist Purkinje

Johannes Evangelist Purkinje fue un profesor checo de patología y fisiología en la Universidad de Breslau en Prusia. Era un científico prolífico quien hizo numerosas

* For more information on Bertillon and the other scientists discussed in this chapter, see chapter 1.



contribuciones al campo de la medicina. Investigó los poros de sudor y la piel, introdujo la palabra plasma, ideó nuevos métodos de preparación de muestras para microscopio e investigó fenómenos visuales (Jay, 2000, pág. 663).

En 1823, Purkinje publicó su tesis de médico más famosa, *Commentatio de Examine Physiologico Organi Visus et Systematis Cutanei* (A Commentary on the Physiological Examination of the Organs of Vision and the Cutaneous System). En esta tesis, describió nueve patrones de huellas dactilares clasificables (Ashbaugh, 1999, pág. 40): (1) curva transversal, (2) estría longitudinal central, (3) línea oblicua, (4) presilla oblicua, (5) verticilo en forma de almendra, (6) verticilo espiral, (7) elipse, (8) círculo, y (9) doble verticilo. En este momento, ésta fue la única descripción detallada de los patrones de huellas dactilares que aparecieron en el registro científico. Aunque es obvio que reconoció el elemento de clasificación de las formaciones de las crestas de fricción, no las asoció con cualquier tipo de sistema de clasificación para su uso en la identificación personal (Faulds, 1905, pág. 33).

5.3.2 Sistema silábico de clasificación del Dr. Henry Faulds

El Dr. Henry Faulds era un médico escocés y superintendente del Hospital Tsukiji en Tokio, Japón. A finales de la década de 1870, Faulds desarrolló una amistad con el arqueólogo estadounidense Edward S. Morse. Mientras asistía a Morse durante una excavación, Faulds notó la impresión evidente de una huella dactilar en un pedazo roto de arcilla. Fue en este momento que la conexión entre las huellas dactilares y la individualización se formuló en su mente (Beavan, 2001, pag. 69).

Faulds ideó un método usando tinta para registrar las impresiones de huellas dactilares de los 10 dedos en las tarjetas, y al poco tiempo ya había recolectado miles de tarjetas con huellas dactilares. Su colección se convirtió en un valor incalculable cuando la policía acusó a un miembro de su personal médico de intento de robo cometido al escalar la pared del hospital y entrar a través de una ventana. Comparó una huella latente que se había encontrado en la pared con las huellas dactilares en su colección del funcionario acusado y determinó que la huella latente no había sido dejada por el miembro de su personal.

Al darse cuenta que las huellas dactilares podrían ser la solución al problema creciente de la identificación criminal,

Faulds estaba decidido a demostrar que las huellas dactilares eran la clave para la individualización personal de forma precisa y confiable. Para probar su teoría, Faulds investigó la permanencia e individualidad de las huellas dactilares. Para demostrar la individualidad, comparó las miles de tarjetas con huellas dactilares que había recogido y determinó que las huellas dactilares en cada tarjeta eran únicas. Para probar la permanencia, Faulds y sus estudiantes de medicina utilizaron varios medios – navajas de afeitar, piedras pómez, lijas, ácidos y cáusticos – para eliminar sus crestas de fricción. Tal como esperaban, las crestas de fricción volvieron a crecer exactamente como estaban antes.

Faulds también tenía que demostrar que las huellas dactilares no cambiaban durante el proceso de crecimiento. Para este fin, observó las huellas dactilares de los niños en crecimiento en un período de dos años y determinó que las crestas de fricción cambiaban en tamaño y no en singularidad.

Una vez determinadas la individualidad y permanencia de las huellas dactilares, Faulds publicó sus hallazgos en la revista *Nature* (Faulds, 1880, pág. 605). En el artículo, sugirió el uso de huellas dactilares en las investigaciones criminales y el uso de tinta de impresión para la obtención de las mismas. Además, se refirió a dos categorías de patrones de huellas dactilares: presillas y verticilos.

Durante los siguientes años, Faulds desarrolló un sistema silábico para clasificar huellas dactilares (Faulds, 1912, pág. 83-100). Pensó que el aprendizaje de este tipo de sistema de clasificación sería natural y bastante fácil para un oficial de identificación. Su idea se basaba en la percepción de que el cerebro humano puede asociar rápidamente un objeto con un sonido.

En su sistema, cada mano estaba representada por cinco sílabas, una sílaba para cada dedo y cada sílaba separada por un guion. Las sílabas se construían a partir de una lista establecida de 21 consonantes y 6 vocales que representaban el conjunto de características de patrones de huellas dactilares (Tabla 5-1). Por ejemplo, una parte puede ser representada y referida como “RA-RA-RA RA-RA.” (En los ejemplos más complejos, los dedos podían estar representados por dos o más sílabas).

Basándose únicamente en la descomposición primaria de las consonantes, Faulds produjo un sistema de clasificación que tenía el potencial de crear cerca de 17 trillones de clasificaciones (Beavan, 2001, pág. 131).

Tabla 5–1**Descripción de las sílabas de Faulds.**

Consonante	Descripción del patrón
CH	Gancho con la pata corta viendo hacia el lado derecho
J	Gancho con la pata corta viendo a el lado izquierdo
B	Curva convexa con lineación izquierda
P	Curva convexa con lineación derecha
T	Forma de pera con libre flotación
D	Forma de pera fijada por el tallo
K	Cabezal con un tallo
G	Cabezal con tallos en ambos lados
W	Verticilo en sentido de las manecillas del reloj
V	Verticilo en sentido opuesto a las manecillas del reloj
Q	Círculo/óvalo grande con elementos
M	Pico de montaña volcánica
N	Mástil de bandera en la cima de la montaña
L	Presilla con eje recto
R	Presilla con eje curvo
S	Sinuoso sin ángulos
Z	Zigzag con angulosidad
X	Indefinido
F	Aspirado utilizado estrictamente para la pronunciación
H	Aspirado utilizado estrictamente para la pronunciación
Vocal	Descripción del patrón
A	Interior vacío y simple
E	Tres crestas/puntos cortos
I	Línea simple separada/ no más de dos líneas en el corazón de un patrón envolvente
O	Círculo/óvalo/punto pequeño en el centro
U	Tenedor con 2 + puntas al centro
Y	Tenedor con puntas separadas de la concavidad

Además de crear una cadena de sílabas para representar a cada mano, Faulds creía que debía haber un índice para un solo dedo. Este índice resultaría útil en la comparación de huellas latentes en el lugar de los hechos, siempre y cuando la sílaba de la huella latente se pudiera derivar de impresiones individuales conocidas dentro del expediente.

En 1886, Faulds ofreció establecer una oficina de huellas dactilares a su cargo en Scotland Yard e instituir su sistema de clasificación de huellas dactilares (Russell, 2004). Sin embargo, Scotland Yard declinó la oferta y mantuvo el Bertillonage como el método de la dependencia para la identificación criminal.

5.3.3 Sir Francis Galton y la clasificación tripartita

Sir Francis Galton, primo de Charles Darwin, fue un notable científico inglés. Galton desarrolló interés en las huellas dactilares en 1888 cuando se le pidió dar una conferencia sobre la identificación personal. Para prepararse para la conferencia, investigó el Bertillonage, el método vigente en ese momento para la identificación personal. Después de investigar el uso de la antropometría para la identificación criminal, se convirtió en un crítico de la técnica. Su crítica se deriva de la observación de que las medidas de Bertillon no tomaron en cuenta la correlación que hay entre la estatura y la longitud de las extremidades (Galton, 1889, pág. 403-405). Consideró que el uso continuo del Bertillonage como método de identificación criminal llevaría a una tasa inaceptable de falsas identificaciones. Señaló también que la toma de medidas de Bertillon era muy tardada y las medidas podían variar dependiendo de quién las tomara.

Como resultado de su disgusto por la antropometría, Galton investigó nuevamente el uso de las impresiones dactilares para la individualización de cada persona. Su investigación le llevó al artículo de Faulds en la *Nature* y a una carta de refutación ese mismo año por parte de Sir William Herschel quien declaró que él había descubierto la individualización de huellas dactilares primero y la había estado usando en la India desde 1860 (Herschel, 1880, pág. 76). Poco después, Galton comenzó a escribirse con Herschel y obtuvo su colección de información de huellas dactilares.

Después de cuatro años de estudio e investigación intensivos, Galton publicó su famoso libro *Finger Prints* (1892) en el que establece que las huellas dactilares son permanentes y únicas. También se dio cuenta de que para que las huellas dactilares se convirtieran en un método viable



de individualización personal, un sistema aplicable comprensible y sistemático de clasificación de huellas dactilares debía desarrollarse.

En su libro, Galton formuló un sistema de clasificación que se basaba en las enumeraciones alfabéticas de los tres patrones de huellas dactilares: L representaba una presilla, W representaba un verticilo y A representaba un arco. Para clasificar un conjunto de huellas dactilares, el patrón para cada dedo se etiquetaba con una de estas tres letras. Las letras del dedo índice, medio y anular de la mano derecha se agruparon, seguidos de las letras de los dedos índice, medio y anular de la mano izquierda. Después de esta serie de letras, se registraron las letras para el pulgar derecho y el dedo meñique derecho, seguidos de las letras para el pulgar y dedo meñique izquierdos. Por ejemplo, una persona que tuviera toda la mano derecha con verticilos excepto por el dedo meñique con presilla y la mano izquierda con presillas excepto por el dedo meñique, tendría la siguiente clasificación: WWWLLLWLLW. Este código de clasificación sería entonces registrado en una tarjeta la cual se archivaba alfabéticamente con base en esta clasificación.

Dos años después de la publicación de su libro, el sistema elemental de clasificación de huellas dactilares de Galton fue incorporado a los archivos Bertillonage en Scotland Yard. Aunque éste fue un éxito para él, su sistema de clasificación resultó demasiado rudimentario para un gran número de archivos y no se sostuvo como un método de catalogación y clasificación de delincuentes.

5.4 Nacimiento de los Sistemas de Clasificación Moderna

5.4.1 Juan Vucetich y el sistema argentino

Juan Vucetich nació en Croacia y emigró a Argentina en 1882. Cuatro años adentro, trabajaba en el Departamento de Policía de Buenos Aires, recopilando estadísticas de arrestos y delincuencia. A unos cuantos años más, Vucetich se convirtió en Jefe de la Oficina de Identificación.

Durante su mandato, Vucetich llegó a la conclusión de que Bertillonage era un método ineficaz de identificación delincencial. La preocupación con respecto a la movilidad de los delincuentes dentro y fuera de Argentina lo llevó a buscar un método más eficaz de identificación. Su búsqueda terminó cuando leyó la revista francesa *Revue Scientifique* (1891) que detallaba la investigación de Galton sobre

el uso científico de las huellas dactilares como medio de individualización. Después de leer este artículo, comenzó su campaña para incorporar el uso de las huellas dactilares en el sistema de justicia penal de Argentina. Su campaña dio frutos, y ese mismo año (1891) las huellas dactilares reemplazaron el Bertillonage en la Oficina de Identificación. Ésta fue la primera aparición de la individualización de huellas dactilares usurpando oficialmente la antropometría.

Después de haber alcanzado un hito importante, Vucetich se dio cuenta que para que la ciencia de impresiones dactilares fuera aceptada en todo el mundo debía crearse un sistema de clasificación útil y manejable. Trabajando con el sistema general de clasificación de tres patrones de Galton, rápidamente creó un sistema de clasificación que utilizaba subcategorías para clasificar, archivar y localizar tarjetas de huellas dactilares. Inicialmente, llamó a su sistema *icnofalangométrica*, que significa “medida de la huella dactilar”. En 1896, le cambió el nombre a sistema de *dactiloscopía*, que significa “descripción del dedo” (Rodríguez, 2004).

El sistema de Vucetich fue una expansión de los tres patrones establecidos por Galton: el arco, la presilla y el verticilo. Sin embargo, Vucetich después divide la presilla en categorías de presilla interna (inclinación derecha) y presilla externa (inclinación izquierda), creando cuatro tipos de patrones: arco, presilla interna, presilla externa y verticilo.

La clasificación constaba de cuatro letras individuales, representando el patrón en el pulgar, y cuatro números individuales que representaban los patrones en los dedos restantes (Tabla 5-2). Al igual que el sistema de clasificación de Galton, el sistema de Vucetich comenzó con el pulgar de la mano derecha y terminó con el dedo meñique izquierdo.

Tabla 5-2

Símbolos del patrón de Vucetich.

Patrón	Dedo pulgar	Otros dedos
Arco	A	1
Presilla interna	I	2
Presilla externa	E	3
Verticilo	V	4



El sistema de clasificación de Vucetich consistía en una clasificación básica (llamada la *primaria*) y una secundaria más descriptiva usando extensiones. La clasificación primaria se dividió en dos grupos: el numerador y el denominador. El numerador fue nombrado la serie y representaba a la mano derecha. El denominador se nombró la *sección* y representaba a la mano izquierda. El pulgar derecho (llamado el *fundamental*) y el resto de los dedos de la mano derecha (denominado la *división*) representaron a la serie. El pulgar izquierdo (llamado la *subclasificación*) y los dedos restantes de la mano izquierda (llamados la *subdivisión*) representaban la *sección*. Por ejemplo, si el numerador y el denominador eran A1141, entonces tanto la mano derecha como la izquierda tenían arcos en todos los dedos, excepto para los dedos anulares los cuales tenían verticilos.

La clasificación secundaria subdivide las huellas dactilares en cinco subtipos: 5, 6, 7, 8 y 9. Cada número representaba una descripción adicional al patrón, aplicado a cualquiera de las manos, y estaba colocado como un superíndice en paréntesis (Tabla 5-3). Cuando el tipo de patrón era una variedad de presilla normal, el superíndice incumplía con los valores del recuento de crestas (Tabla 5-4).

Por ejemplo, una persona que tenga todos los dedos de la mano derecha con presilla externa (inclinación izquierda) y todos los dedos de la mano derecha tengan presilla interna (inclinación derecha) tendría una clasificación Vucetich de:

$$\begin{array}{c} E^{(20)} 3^{(10)} 3^{(5)} 3^{(15)} 3^{(10)} \\ \underline{I^{(10)} 2^{(5)} 2^{(10)} 2^{(10)} 2^{(5)}} \end{array}$$

En 1896, Vucetich publica su nuevo sistema de clasificación en un folleto titulado *General Instructions for the Province of Buenos Aires System of Identification*. En 1904, publicó el libro que llevaría su sistema de clasificación a todo el mundo: *Dactiloscopia Comparada (Comparative Fingerprinting): The New Argentine System*.

5.4.2 Sir Edward Henry y el sistema de clasificación Henry

A principios de 1890, Sir Edward Henry era el nuevo Inspector General de Policía del Distrito de Bengala en India y estaba experimentando un problema común de la época: la incapacidad para identificar con precisión a los nativos. Después de leer *Finger Prints* de Galton, estaba convencido de que podía crear un sistema lógico y aplicable para la clasificación de huellas dactilares que permitiera que las

Tabla 5-3

Clasificación secundaria de Vucetich.

Patrón	Superíndice	Descripción
Arco	5	Abovedados/normales
	6	Inclinados a la izquierda
	7	Inclinados a la derecha
	8	En forma de carpa
	9	Todos los demás
Presilla interna	5	Trayectoria normal
	6	Invadido
	7	Interrogatorio
	8	Enganchado
	9	Todos los demás
Presilla externa	Misma designación que la presilla interna	
Verticilo	5	Normal
	6	Sinuoso
	7	Ovoide
	8	Enganchado
	9	Todos los demás

Tabla 5-4

Valores del recuento de crestas de Vucetich.

Extensión del número de crestas	Valor superíndice
1-5	5
6-10	10
11-15	15
16-20	20
Más de 20	25



huellas dactilares se convirtieran en el único sistema de identificación personal y penal.

Henry volvió a Inglaterra en 1894 y desarrolló una relación personal y profesional con Galton, quien le proporcionó su material de investigación personal, junto con el de Herschel y Faulds. Con esta información en mano, Henry volvió a India para resolver el problema de clasificación de huellas dactilares. Incluso sin un sistema de clasificación, en 1896 ordenó a sus policías comenzar a tomar las huellas dactilares y las medidas antropométricas de los presos bengalíes.

Mientras tanto, Henry asignó a dos de sus oficiales de policía de la Oficina Antropométrica de Calcuta para trabajar en el proyecto de clasificación de huellas dactilares. En 1897, los dos oficiales, Azizul Haque y Hem Chandra Bose, formularon un método matemático para dividir los registros de huellas dactilares en un gran número de agrupaciones primarias que se basaban en los tipos de patrones de huellas dactilares de Galton.

El sistema Henry comenzó con la formulación de la primaria. La primaria se determinó mediante la asignación de un valor a cada uno de los 10 dedos, comenzando con el pulgar derecho y terminando con el dedo meñique izquierdo. Este valor se basaba en la presencia de un verticilo en un dedo en particular (Tabla 5-5). Si el dedo no tenía un verticilo, se le asignaba un valor de cero.

Tabla 5-5

Valores primarios de Henry (Henry, 1900, pág. 72-73).

Dedo	Número	Valor si hay verticilo
Pulgar derecho	1	16
Índice derecho	2	16
Medio derecho	3	8
Anular derecho	4	8
Meñique derecho	5	4
Pulgar izquierdo	6	4
Índice izquierdo	7	2
Medio izquierdo	8	2
Anular izquierdo	9	1
Meñique izquierdo	10	1

La primaria se expresa en forma de proporción, con el numerador representando los valores verticilo de los dedos pares más 1 y el denominador representando los valores verticilo de los dedos impares más 1. Por ejemplo, si un individuo tenía un registro de huellas dactilares con una serie de patrón de todos los verticilos, la clasificación primaria correspondiente sería de 32 sobre 32. Si una persona tenía presillas en los dedos índices de ambas manos, el cuadro de clasificación primaria sería el siguiente:

Pulgar derecho	Índice derecho	Medio derecho	Anular derecho	Meñique derecho
16	0	8	8	4

Pulgar izquierdo	Índice izquierdo	Medio izquierdo	Anular izquierdo	Meñique izquierdo
4	0	2	1	1

Por lo tanto, la gráfica se calcula así:

$$\begin{array}{rcl}
 1 + (\text{Suma de los valores de dedos pares}) & & 1 + (15) \quad 16 \\
 \hline & = & \hline \\
 1 + (\text{Suma de los valores de dedos impares}) & & 1 + (29) \quad 30
 \end{array}$$

Este sistema de clasificación permitió 1,024 agrupaciones primarias.

A la derecha de la primaria estaba la secundaria. La secundaria estaba determinada por los tipos de patrones en los dedos #2 y #7 y fue demostrado en la fórmula con letras mayúsculas que representan el patrón (A para el arco, T para el arco en forma de carpa, R para la presilla radial, U para la presilla cubital y W para el verticilo). Para considerar la rareza de los arcos, arcos en forma de carpa y presillas radiales en los dedos que no eran índices, estos patrones estaban indicados con letras minúsculas (a, t, r) y se colocaban después de la secundaria. Si uno de estos patrones estaba presente en el pulgar (es), la letra pequeña se colocaba a la izquierda de la primaria. El sub secundario estaba a la derecha del secundario y representaba el número de crestas para las presillas o rastreo de crestas en verticilos de los dedos restantes.

Este nuevo sistema de clasificación fue tan exitoso que en marzo de 1897, el gobierno de la India Británica instituyó el sistema de clasificación de Henry como el método oficial



de identificación criminal. En 1900, el éxito del sistema de Henry en India hizo que Scotland Yard revisara su propio sistema de identificación. Esta revisión se tradujo en el abandono del Bertillonage y la adopción del sistema de Henry. En 1901 Henry fue trasladado a Scotland Yard, donde estableció su primera oficina central de dactiloscopia y empezó a capacitar a los oficiales en la clasificación de huellas dactilares.

5.4.3 Ramificaciones de los sistemas de clasificación de Henry y Vucetich

Tanto Vucetich como Henry obtuvieron reconocimiento internacional en el campo de la identificación criminal científica. Vucetich viajó por el mundo promoviendo su libro, y Henry obtuvo el respaldo del mundo europeo moderno. Ambos sistemas se consideraron superiores al Bertillonage y ambos sistemas tuvieron el mismo reconocimiento de la policía internacional y de círculos científicos.

Como otras dependencias comenzaron a adoptar estos sistemas de clasificación, los sistemas se modificaron con frecuencia (Tabla 5-6). Las modificaciones implicaron la creación de extensiones para producir sistemas de clasificación que pudieran manejar poblaciones más grandes (McGinnis, 1963, pág. 115). Por ejemplo, la Oficina Federal de Investigaciones (FBI) de los Estados Unidos incorporó extensiones relacionadas con los recuentos de crestas y verticilos trazados en dedos específicos para dividir rápidamente a los grupos primarios y secundarios de la población.

5.5 Sistema Monodactilar

Aunque los sistemas de clasificación de impresión conocida eran útiles para la identificación de los delincuentes reincidentes, no ayudaban en la aprehensión de delincuentes mediante la identificación de huellas latentes dejadas en el lugar de los hechos. Para abordar esta limitación, se desarrollaron numerosos sistemas de clasificación monodactilar. Algunos de estos sistemas se basaban en los sistemas existentes de clasificación de impresiones conocidas y algunos eran totalmente originales (Tabla 5-7). De todos estos sistemas de clasificación monodactilar, el Inspector en Jefe Henry Battley y el Detective

Tabla 5-6

Clasificaciones basadas en los sistemas Henry y Vucetich.

Parent System	Modified System (Location)
Henry	Australiano (Australia) Budapest (Budapest) Valladares (Portugal) Pateer (Amsterdam) Windt Kodicek (Alemania) Spirlet (La Haya) Steegers (Cuba) Conlay (Policía de los Estados Federados Malayos) Estadounidense (Ciudad de Nueva York) Flak Conley (Newark, NJ) RCMP (Canadá) Extensiones del FBI (Washington, DC)
Vucetich	Bertillon (France) Pottecher (Indo-China) Mirando Pinto (Chile) Pessoa (Unkown)
Henry-Vucetich	Daae (Noruega) Protivenski (Praga) Oloritz (Madrid) Martínez (México) Borgerhoff (Bélgica) Harvey Pacha (Egipto) Cabezas (Valparaíso) Klatt (Berlín) Bruselas (Bélgica) Roscher (Hamburgo) Japanese National Lebedoff (Rusia) When (Berlín) Smallegange (Holanda) Gasti (Italia) Portillo (Barcelona) Lyonnese (Lyon) Jouenne (Servicio Colonial en África Occidental Francesa)

**Tabla 5-7****Sistema Monodactilar.**

Basado en sistemas de clasificación existentes	Sistemas originales de una sola huella dactilar
Collins	Born
Larson	Moran
Oloritz	Code
Borgerhoff	Sagredo
Stockis	Dresden
Gasti Register	Barlow
Lyonnese	Jaycox
Neben Register of Roscher	Crosskey
	Battley
	Giraud and Henquel
	Jorgensen
	Monodacylus

Superintendente Fredrick Cherrill de New Scotland Yard desarrollaron el sistema más popular.

5.5.1 Sistema de Battley monodactilar

En 1929, Battley y Cherrill desarrollaron la idea de un sistema monodactilar que no requiriera de las 10 huellas dactilares conocidas de un individuo. Postularon que las huellas dactilares latentes encontradas en el lugar de los hechos podrían ser individualizadas mediante una impresión conocida del mismo dedo del delincuente.

El sistema Battley utilizó 10 patrones principales seguidos por subdivisiones adicionales, dependiendo de la designación del patrón (Tabla 5-8). Estas subdivisiones adicionales incluían una inclinación radial o cubital, número de crestas, trazados de cresta (s), formación del centro (s), posición del delta (s) y lecturas del círculo. Una subdivisión específica, conocida como lectura circular, se obtuvo utilizando una lupa especial con una ventana de vidrio plano en la base. Esta ventana de la base consistía en un círculo central con un punto en el medio designado como área A, y siete círculos concéntricos, cada uno de 2 mm de ancho y designados B a H. El punto central se colocó sobre un

punto de la impresión designado y las lecturas del círculo que se tomaron se basaron en la posición de formaciones específicas.

En el sistema, las huellas conocidas de una tarjeta de arresto se clasificarían individualmente de acuerdo con el patrón y se establecerían en 10 colecciones, una para cada dedo, desde el pulgar derecho hasta el dedo meñique izquierdo (es decir, la colección número 1 hasta la colección número 10).

Las tarjetas de huellas dactilares únicas fueron creadas por el montaje de la huella dactilar específica en una tarjeta y llenando la información particular en las áreas designadas. Esta información incluía el número y nombre del dígito, el número de referencia del delincuente, la clasificación Henry y la clasificación Battley (Tabla 5-9).

El sistema Battley requirió de una gran cantidad de trabajo para clasificar y mantener las colecciones. Con el tiempo, las colecciones se hicieron demasiado grandes y era imposible individualizar con precisión y rapidez una huella latente en el lugar de los hechos con una impresión única conocida en el archivo.

5.5.2 Sistemas adicionales de impresión única

Como se mencionó anteriormente, había sistemas de impresión única aparte del sistema Battley. Como Battley, estos otros sistemas se basaban en la clasificación de huellas dactilares individuales, independientes a los otros dedos. Estos sistemas se basaban frecuentemente en sistemas existentes o en una combinación de los sistemas y definiciones existentes utilizadas por dichos sistemas.

Similar al Battley, la mayoría de los otros sistemas se basaban en tipos de patrones predeterminados (es decir, verticilo, arco y presillas) con sub clasificaciones adicionales, tales como formaciones centrales, posición del delta, número de crestas y trazados de la cresta. Aunque algunos sistemas eran similares al sistema Battley, diferían en algunos aspectos debido a las subdivisiones agregadas (Tabla 5-10). Algunos sistemas se enfocaron en describir los patrones con gran detalle, algunos dividieron cada impresión en secciones o zonas y registraron la localización de características de la cresta dentro de esa zona, y de igual forma, algunos definieron las formas de los deltas (Bridges, 1963, pág. 181-213).

Tabla 5-8

Designaciones del subgrupo de Battley (Cherrill, 1954, pág. 82-90).

Patrón	Subdivisiones	Designación
Arcos	Arco plano	1
	Inclinación a la izquierda	2
	Inclinación a la derecha	3
Arcos en forma de carpa	Lectura circular (cumbrere de la cresta de primera plataforma)	A-H
Presillas radiales	Número de crestas entre delta y central	#
	Definición central predeterminada	A-L
	Lectura circular del delta	A-H
Presillas cubitales	Número de crestas entre delta y central	#
	Definiciones centrales predeterminadas	A-L
	Lectura circular del delta	A-H
Verticilo / presillas de bolsa central	Lectura circular de la primera cresta recurvada	A-H
	Definiciones centrales predeterminadas limitadas a espirales pequeños en la lectura circular "A"	A.1 A.2 A.3 A.4
	Lectura circular del delta izquierdo	A-H
	Trazado de crestas	I, M, O
	Lectura circular del delta derecho	A-H
	Número de crestas entre el delta izquierdo y el centro	#
	Número de crestas entre el delta izquierdo y el centro	#

Presillas dobles	Pendiente radial o cubital de la presilla descendiente	R, U
	centro de la presilla descendiente	A-H
	Número de crestas entre presillas	#
	Número de presillas entre el centro y el delta de la presilla descendiente	#
	Circle reading of left delta	A-H
	Ridge tracing	I, M, O
	Lectura circular del delta derecho	A-H
Presilla de bolso lateral	Pendiente radial o cubital de la mayoría de las crestas	R, U
	Número de crestas entre el delta y el centro de la presilla más interna	#
Compuesto	No hay subdivisión	
Accidental	No hay subdivisión	
Severamente cicatrizada	No se puede clasificar	

Tabla 5-9

Tarjeta de índice de Battley.

TIPO	CENTRO	Designación de subgrupo
Número de identificación penal Número de dedo y descripción Clasificación Henry Huella dactilar adherida del ejemplar conocido		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo
		Designación de subgrupo

**Tabla 5-10**

Sistema Monodactilar además del de Battley (Bridges, 1963, pág. 181-213).

Nombre del sistema de impresión única	Subdivisiones
Collins	Tipos de patrón Números de crestas Trazado de crestas Características de crestas
Larson	Tipos de patrón Inclinación del patrón Tipo de centro Características de crestas Tipo de delta Trazado de crestas Combinaciones
Oloriz	Primario del sistema decadactilar de Oloriz Tipo de centro Líneas limitantes (tipo de líneas) Tipo de delta
Borgerhoff	Tipos de patrón Números de crestas Trazado de crestas
Stockis	Tipos de patrón Número de crestas Ángulo de la cima Tipo de centro Tipo de delta Trazado de crestas
Gasti	Tomado de la clasificación de Gasti (decadactilar) para cada dedo
Born	Tipo de patrón Esquema de zona con minutas
Sagredo	Primario del sistema decadactilar de Oloriz Tipo de patrón sin delta Tipo de patrón de un delta Tipo de patrón de dos deltas Inclinación del patrón Números de crestas Trazado de crestas Tipo de delta

Dresden	Tipo de patrón Números de crestas Inclinación del patrón
Neben Register of Roscher	Tomado de la clasificación decadactilar de Roscher para cada dedo
Lyonnese	Tipo de patrón Ángulo centro basal de Oloritz Trazado de crestas
Barlow	Tipo de patrón Tipo de centro Inclinación del patrón Números de crestas
Jaycox	Tipo de patrón Inclinación del patrón Tipo del centro Características de las crestas en el centro
Jorgenson	Tipo de patrón Inclinación del patrón Número de crestas Tipo de centro Posición del delta Ángulo del centro al delta Diámetro del centro (vertical)
Crosskey	Tipo del patrón Tipo del centro Número de crestas Presencia de cicatrices

5.6 Sistemas de Clasificación de las Impresiones Plantares y Palmares

El siguiente paso lógico en la evolución de los sistemas de clasificación de las crestas de fricción era establecer sistemas de clasificación de las huellas palmar y plantar. Las huellas plantares y palmares se habían detectado en pruebas con suficiente frecuencia como para justificar el desarrollo de sistemas de clasificación.

5.6.1 Clasificación de huellas plantares

Junto con la necesidad de un sistema de clasificación de la huella del pie, basada en evidencia de impresión latente, también había necesidad de un sistema de clasificación de este tipo para archivar las impresiones plantares de los recién nacidos, pilotos militares y personas sin armas. Dos

sistemas principales de clasificación de huellas plantares se desarrollaron y utilizaron en los últimos años: el sistema de la Oficina Federal de Investigaciones y el sistema Chatterjee.

5.6.1.1 Sistema de clasificación de huellas plantares del FBI.

El sistema de clasificación del FBI era una versión altamente modificada del sistema desarrollado por Wentworth y Wilder en su libro emblemático *Personal Identification* (1918). La base del sistema de clasificación del FBI era la observancia de la zona anterior del pie, justo debajo del dedo gordo del pie. Esta área muestra típicamente uno de los tres tipos de grupos de patrones: arco, presilla o verticilo. Cada grupo fue designado por una letra y se dividían por tipo y recuento de crestas (únicamente para patrones de presilla y verticilo) (FBI, 1985, pág. 24).

Los patrones del arco fueron designados por la letra "O". Adicionalmente, el grupo O se subdividió de acuerdo con la trayectoria de las crestas. Subdivisión Tipo 1 (O1) indicaba una trayectoria de crestas verticales (es decir, las crestas que fluyen del dedo gordo del pie hasta el talón). Subdivisión Tipo 2 (O2) indicaba una trayectoria horizontal de las crestas (es decir, las crestas que fluyen del dedo gordo del pie al dedo pequeño). Los patrones circulares fueron designados por la letra "L" y se subdividen en cuatro tipos. La subdivisión Tipo a (La) indicaba una trayectoria de crestas que entraban y salían hacia los dedos de los pies. El Tipo b y las subdivisiones c (Lb y Lc) indicaban una trayectoria de crestas que entraba y salía del lado del dedo gordo del pie. (Tipo b indicaba el pie derecho y Tipo c indicaba el pie izquierdo). La subdivisión del Tipo d (Ld) indicaba una trayectoria de crestas que entraban y salían hacia el talón del pie.

Los patrones de verticilos fueron designados por la letra "W" y se subdividen en tres tipos. La subdivisión Tipo w (Ww) indicaba un patrón de verticilo que era un verticilo simple o un verticilo de presilla del bolsillo central. La subdivisión d (Wd) indicaba un verticilo de doble presilla. La subdivisión x (Wx) indicaba un verticilo accidental.

Al igual que la clasificación de Henry, la clasificación de la huella plantar se expresó como una fracción, con el pie derecho como el numerador y el pie izquierdo como denominador. La fracción estaba formada de primario, secundario, final y clave. El primario era el grupo de patrones (O, L, o W) y siempre se expresaba como una letra mayúscula. El secundario era el tipo de subdivisión y se colocaba a la derecha del primario (por ejemplo, Ww). La final era el número de crestas del patrón del verticilo o presilla del

pie derecho y se colocaba a la derecha del secundario (por ejemplo, Ww 25). La clave era el número de crestas del patrón de verticilo o presilla del pie izquierdo y se colocaba a la izquierda del secundario (por ejemplo, 25 Ww).

Una clasificación de huella plantar completa se veía así:

La 32
25 Wd

5.6.1.2 Sistema Chatterjee de clasificación de huella

plantar. Un sistema desarrollado por Sri Salil Kumar Chatterjee dividía la huella plantar en las siguientes seis áreas:

- Área 1: bola del pie, debajo del dedo gordo.
- Área 2-4: espacios intermedios debajo de los dedos
- Área 5: centro del pie.
- Área 6: talón.

Chatterjee usaba una representación alfa del patrón en el Área 1 y una representación numérica para el patrón en las áreas remanentes (Tabla 5-11) (Chatterjee, 1953, pág. 179-183).

Tabla 5-11

Representaciones de patrones alfa y numérico (Moenssens, 1971, pág. 212).

Patrón	Area 1	Areas 2-6
Ninguno	O	0
Arch	A	1
Arco en forma de carpa	T	2
Right-slope loop	R	3
Presilla con pendiente ascendente	U	4
Left-slope loop	L	5
Presilla con pendiente descendiente	D	6
Whorl	W	7
Presilla con bolsillo central	C	7
Lateral pocket loop	S	8
Presilla doble	S	8
Accidental	X	9



La clasificación de huellas plantares de Chatterjee también se expresaba como una fracción, con el pie derecho como numerador y el pie izquierdo como denominador. La primaria era la designación del patrón del Área 1 y la secundaria era un número de cinco cifras que representaban las Áreas 2 a 6 y estaba a la derecha de la primaria.

5.6.2 Clasificación de huellas palmares

La clasificación de huellas palmares era un esfuerzo que valía la pena debido a la frecuencia de huellas palmares latentes en el lugar de los hechos. Tres sistemas de clasificación se establecieron para las huellas palmares: uno al oeste de Australia, uno en Liverpool, Inglaterra y otro en Dinamarca.

5.6.2.1 Clasificación de huellas palmares del occidente australiano. Esta clasificación consistía en una primaria numérica y una alfa y secundaria numéricas en la forma de una fracción (Baird, 1959). La clasificación se basaba en la división tripartita de la palma hacia las áreas tenares, hipotenares e interdigitales (Figura 5-1).

Para obtener la clasificación primaria, a las tres áreas se les asignó un valor basado en la trayectoria de las crestas en esa área (Tabla 5-12). Si no había un patrón discernible en el área especificada, se le asignaba un valor de 0. En particular, los valores eran los mismos que los de la primaria en la clasificación de Henry; sin embargo, esta clasificación no era dependiente de la presencia de verticilos sino de la presencia de cualquier tipo de patrón. Debido a que un patrón de arco estaba considerado típicamente por carecer de una verdadera área de patrón ya que no había centro ni delta, este patrón sólo se le otorgó un valor cuando estaba presente en el área interdigital. Como con la clasificación Henry, se añadió un valor de 1 al total.

Tabla 5-12

Determinación del valor primario (Baird, 1959, pág. 21-24).

Área de consideración	Valor
Delta interdigital del dedo #5 al borde cubital	1
Delta interdigital del dedo #4 al delta del dedo #3	2
Delta interdigital del dedo #3 al borde radial	4
Tenar	8
Hipotenar	16
Sin patrón en esta área	0

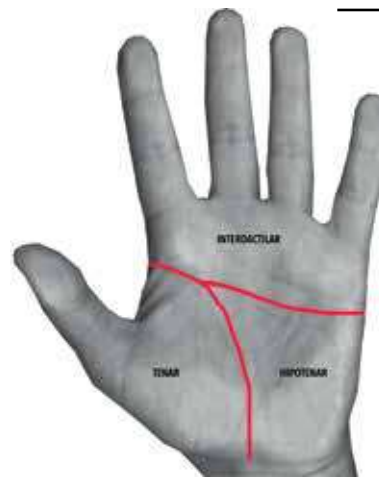


FIGURA 5-1

División tripartita de la palma.

La clasificación secundaria se divide en dos partes. La primera división era el tipo de patrón presente en las áreas tenar e hipotenar. Esta subdivisión se expresó en forma de fracción, con la zona tenar como el numerador y la hipotenar como denominador. La segunda división, conocida como la subclasificación secundaria, se refería a la zona entre el pulgar y el dedo índice y el área interdigital. El área del pulgar al índice se consideraba como una parte del tenar y se colocaba en el numerador; la zona interdigital se consideraba como parte de la hipotenar y se colocaba en el denominador.

La fórmula de clasificación se escribía de esta manera:

$$\text{(primaria)} \frac{\text{(tenar) (zona del pulgar al índice)}}{\text{(hipotenar) (interdigital)}}$$

El sistema de Australia Occidental utilizaba las definiciones de patrones derivados del sistema de clasificación de impresión conocida de las dependencias, que era una modificación del sistema de clasificación de Henry. A los patrones se les asignó símbolos alfa específicos de acuerdo con sus ubicaciones en la palma (Tabla 5-13). Otra subdivisión de la clasificación secundaria involucraba conteos y trazados de crestas, y se expresaba como una fracción a la derecha de la clasificación secundaria.

5.6.2.2 Sistema Liverpool de clasificación palmar. El sistema de clasificación de impresión palmar que se estableció en Liverpool, Inglaterra, fue considerado como un sistema de clasificación más fácil de usar que el utilizado

en Australia Occidental. El sistema Liverpool también se concentró en las tres divisiones de la palma.

Este sistema estaba dividido en cuatro partes y consistía en símbolos alfa y numéricos. La división primaria se refería a los patrones acumulados en las tres secciones: interdigital, tenar e hipotenar. La división secundaria involucraba patrones en el hipotenar e incluía una clasificación subsecundaria. La división terciaria involucraba patrones en el área tenar. La división cuaternaria incluía patrones en la sección interdigital de la palma y tenía tres secciones adicionales: parte 1, parte 2 y parte 3.

Esta clasificación utilizaba una caja de codificación, donde cada cuadrado contenía un símbolo alfa o numérico para cada parte de la clasificación (Figura 5-2).

Tabla 5-13

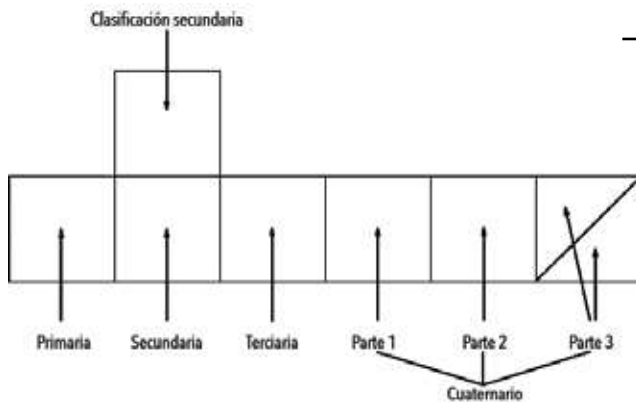
Símbolos para la clasificación secundaria.

Patrón	Localización	Símbolo
Arco	Tenar	A
	Pulgar-índice	Ninguno
	Hipotenar	A
	Interdigital	a
Arco excepcional	Tenar	E
	Pulgar-índice	e
	Hipotenar	E
	Interdigital	e
Arco unido	Tenar	J
	Pulgar-índice	J
	Hipotenar	J
	Interdigital	J
Arco unido #1	Hipotenar únicamente	J1
Arco unido #2	Hipotenar únicamente	J2
Arco vertical #1	Hipotenar únicamente	V1
Arco en forma de carpa	Tenar	T
	Pulgar-índice	t
	Hipotenar	T
	Interdigital	t
Arco en forma de carpa #1	Hipotenar	T1
Arco en forma de carpa #2	Hipotenar	T2

Presilla radial	Tenar Pulgar-índice Hipotenar Interdigital	R r R r
Presilla radial #1	Hipotenar	R1
Presilla radial #2	Hipotenar	R2
Presilla radial #3	Hipotenar	R3
Presilla radial #4	Hipotenar	R4
Presilla cubital	Tenar	U
	Pulgar-índice	U
	Hipotenar	U
	Interdigital	U
Presilla cubital #1	Hipotenar	U1
Presilla cubital #2	Hipotenar	U2
Presilla cubital #3	Hipotenar	U3
Presilla cubital #4	Hipotenar	U4
Presilla distal*	Interdigital	L
Verticilo	Tenar	W
	Pulgar-índice	w
	Hipotenar	W
	Interdigital	w
Presilla de bolso central	Tenar	C
	Pulgar-índice	c
	Hipotenar	C
	Interdigital	c
Presilla doble	Tenar	D
	Pulgar-índice	d
	Hipotenar	D
	Interdigital	d
Accidental	Tenar	X
	Pulgar-índice	x
	Hipotenar	X
	Interdigital	x

* La presilla distal sólo se notó cuando había otro patrón presente en el área interdigital.

La división primaria fue formulada por la suma de valores establecidos, determinados por la presencia de un patrón en las tres secciones palmares. El numeral 2 se dio debido a la presencia de un patrón en la zona tenar. El numeral 3 fue asignado por la presencia de un patrón en el área interdigital. El numeral 4 surge de la presencia de un patrón en el hipotenar. El valor 1 se registraba si la palma estaba desprovista de patrones en las tres áreas. Cuando una zona palmar contenía más de un patrón se le daba un valor

**FIGURA 5-2**

Cuadro de codificación para la clasificación Liverpool de huellas palmares.

único, como si sólo hubiera un patrón en la zona. Cuando los patrones estaban presentes en más de un área palmar, los valores se sumaban. Los valores sumados específicos también indicaban qué zona palmar contenía un patrón (Tabla 5-14).

Tabla 5-14

Indicación de patrón del valor primario.

Valor primario	Indicación de patrón
1	Ninguno
2	Tenar únicamente
3	Interdactilar únicamente
4	Hipotenar únicamente
5	Tenar e interdactilar únicamente
6	Tenar e hipotenar únicamente
7	Interdactilar e hipotenar únicamente
9	Patrones en todas las áreas

La clasificación secundaria y la subsecundaria se referían únicamente a los patrones en el hipotenar. La Tabla 5-15 detalla los patrones y símbolos representativos que se utilizaban en este sistema de clasificación. Si el área hipotenar contenía más de un patrón, el cuadro de codificación se separaba por una línea diagonal de la esquina inferior izquierda a la esquina superior derecha, con la mitad superior izquierda del cuadro designada para el símbolo del patrón más cercano al área interdactilar, y la mitad inferior derecha designada para el símbolo del patrón más cercano a la muñeca.

La subclasificación secundaria involucraba dos subclasificaciones distintas. Para una sola presilla en el hipotenar, se registró el número de características de la zona central de la cresta. Para una hipotenar desprovista de un patrón, se registraba el tipo de delta (Alexander, 1973, pág. 86-90).

Tabla 5-15

Símbolos utilizados en el sistema Liverpool de clasificación de huellas palmares.

Patrón	Símbolo
Verticilo A (circular)	A
Verticilo B (elíptico)	B
Presilla doble	TL
Presilla de bolso lateral	LP
Presilla de bolso central	CP
Accidental/compuesto	ACC
Arco en forma de carpa	T
Presilla central hacia adentro	I
Presilla central hacia afuera	O
Presilla central hacia arriba	D
Presilla central hacia abajo	U
Presilla central en curva	K
Sin descripción	N
Arco plano	N
Sin patrón	
Delta carpiano alto	H
Delta carpiano bajo	L



La división terciaria se refería a la zona tenar de la palma. Si había dos patrones en esta área, el cuadro de codificación se separaba de nuevo por una línea diagonal de la esquina inferior izquierda a la esquina superior derecha, con la mitad superior izquierda designada para el símbolo del patrón más cercano a la zona interdigital, y la inferior derecha media designada para el símbolo de patrón más cercano a la muñeca.

La parte 1 de la división cuaternaria se refería al tipo (s) de patrón en la zona interdigital de la palma. Si aparecía más de un patrón en la zona interdigital, la codificación se separaba con tres líneas diagonales, el tercio superior izquierdo estaba dedicado para el patrón más cercano al dedo índice y la tercera parte inferior derecha estaba dedicada para el patrón más cercano al dedo meñique.

La parte 2 de la división cuaternaria involucraba un valor numérico predeterminado que indicaba la posición del patrón en relación con los dedos (Tabla 5-16). Si había más de un patrón presente, los números se combinaban para un único valor. Si un patrón estaba entre la base de dos dedos, se registraba el valor más alto.

La parte 3 de la división cuaternaria implicaba el registro del número de crestas correspondientes para los arcos o presillas en forma de carpa (núcleo hacia adentro, núcleo hacia afuera, presillas centrales hacia abajo) cuando únicamente uno de estos patrones estaba presente en la zona interdigital.

5.6.2.3 El sistema Brogger Moller de clasificación de huellas palmares. El sistema de clasificación de huellas palmares Brogger Moller fue formulado por Kaj Brogger Moller de la National Identification Bureau en Copenhague, Dinamarca (Moenssens, 1971, pág. 199). Al igual que con los dos sistemas anteriores, esta clasificación se basaba en las tres áreas definidas de la palma (es decir, áreas de hipotenar, tenar y base). Sin embargo, este sistema empleaba el uso de una copa de medición especial de vidrio que contenía cuatro áreas distintas de medición. Las zonas fueron definidas por tres círculos concéntricos que medían 2, 4 y 6 cm. a partir de un punto central. Cada área estaba numerada del 1 al 4, con el 4 marcando el área afuera del último anillo concéntrico. Una segunda área de medición, conocida como la escala de 1-6, contenía cinco líneas, cada una con 6 cm. de longitud y 3 mm de separación. El área entre cada línea estaba numerada del 1 al 6, donde 1 representaba la

parte superior de la escala. Una tercera área de medición, conocida como la escala de 0-9, parecía una escalera sin el pie derecho. Esta escala contenía 10 líneas, cada una de 1 cm. de longitud y colocadas a 4 mm de separación. Cada área entre las líneas estaba numerada del 0 al 9, donde 0 representaba la parte inferior de la escala.

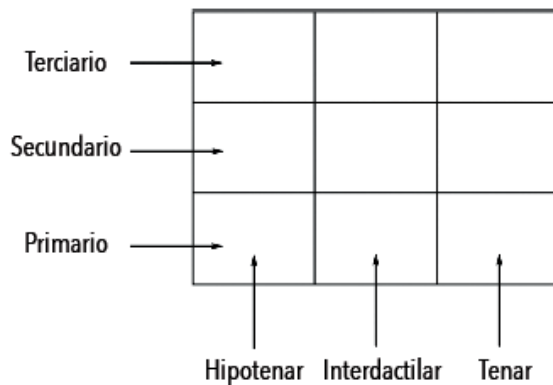
Tabla 5-16
Valor del patrón para la parte 2 de la división cuaternaria.

Position of Pattern	Value
Bajo el dedo índice	8
Bajo el dedo anular	4
Under ring finger	2
Under little finger	1

La clasificación de las huellas palmares bajo este sistema se basaba en el patrón de cresta (s) en las tres áreas de la palma y en los valores primario, secundario y terciario. La copa de medición se utilizó para determinar algunos de los valores (Tablas 5-17 a 5-19). La clasificación se registró en una tabla, con el hipotenar a la izquierda, el interdigital en el medio y el tenar en el lado derecho de la tabla. Para cada área, el primario se registró en la parte inferior con el secundario arriba del primario, seguido por el terciario en la parte superior (Figura 5-3).

5.7 Automatización por computadora y clasificación de impresión

Conforme las dependencias federales, estatales y locales recibieron y retuvieron más y más ejemplares conocidos, la necesidad de un medio más eficiente de individualización de impresiones conocidas pasó a ser fundamental. Las divisiones de servicio de identificación de estas dependencias se encargaron de la búsqueda manual de impresiones de sospechosos con impresiones conocidas y a menudo les tomaba meses para llegar a una decisión de individualización o no individualización. Este largo tiempo de respuesta planteaba un problema evidente si el sospechoso no podía ser detenido legalmente mientras se esperaba una respuesta por parte de la división de identificación. La solución a este problema llegó con la invención de la computadora.

**FIGURA 5-3**

Cuadro de clasificación de huellas palmares de Brogger Moller.

Tabla 5-17

Clasificación para la hipotenar (Moenssens, 1971, pág. 200-205).

Patrón de la cresta	Primario	Secundario	Terciario
Sin diseño (solo delta carpiana)	1	Usando medición circular, marque un punto en el delta carpiano y lea el círculo donde cae la cresta más baja del área carpiana	Ninguno
Presilla distal que abre hacia el área interdactilar, con centro apuntando hacia el lado cubital	2	Usando una escala del 0 al 9, mida la distancia entre el delta carpiano y el centro de la presilla	8 = solo cuando el centro tiene inclinación distinta hacia el área carpiana/radial
Presilla hacia afuera que abre hacia el área cubital, con centro apuntando hacia el tenar	3	Usando una escala del 0 al 9, mida la distancia entre el delta carpiano y el centro de la presilla	Ninguno
Verticilos	4	Usando una escala del 0 al 9, mida la distancia entre el delta carpiano y el centro (para verticilos dobles, usar el centro más cercano al delta carpiano)	Ninguno
Presillas dobles	5	Usando una escala del 0 al 9, mida la distancia entre los dos centros	Ninguno
Arcos	6	1 = arcos 2 = arcos en forma de carpa	Ninguno
Presillas que abren hacia la muñeca, con centro apuntando hacia el lado cubital de la palma	7	Usando una escala del 0 al 9, mida la distancia entre el centro y el delta arriba de él	Ninguno
Patrones compuestos (cualquier patrón que no se ajusta a los patrones anteriores)	8	Ninguno	Ninguno

Tabla 5-18**Clasificación para interdigitales (Moenssens, pág. 206-207).**

Patrón de la cresta	Primario	Secundario	Terciario
Una presilla en el área base	1	2 = si la presilla está entre los dedos índice y medio 3 = si la presilla está entre los dedos medio y anular 4 = si la presilla está entre los dedos anular y meñique	Usando una escala 1-6, medir la altura de la presilla (de los deltas al centro)
Arco en forma de carpa	2	1 = arco bajo el dedo índice 2 = arco bajo el dedo medio 3 = arco bajo el dedo anular 4 = arco bajo el dedo meñique	Usando una escala 1-6, medir la altura del arco (de la base a la cúspide del arco)
Presillas dobles	3	2 = si la presilla está entre los dedos índice y medio 3 = si la presilla está entre los dedos medio y anular 4 = si la presilla está entre los dedos anular y meñique	Usando una escala 1-6, medir la altura de la presilla cubital (de los deltas al centro)
Dos presillas en la misma área interdigital, y los arcos y presillas en forma de carpa en otras áreas	4	2 = si una combinación de dos presillas está entre los dedos índice y medio 3 = si una combinación de dos presillas está entre los dedos medio y anular 4 = si una combinación de dos presillas está entre los dedos anular y meñique	Ninguno
Arcos planos	5	Ninguno	Ninguno
Una presilla y un arco en forma de carpa	6	2 = si la presilla está entre los dedos índice y medio 3 = si la presilla está entre los dedos medio y anular 4 = si la presilla está entre los dedos anular y meñique	Usando una escala 1-6, medir la altura de la presilla (de los deltas al centro)
Tres presillas o combinaciones de tres presillas y arcos en forma de carpa	7	Tres presillas = altura de la presilla entre los dedos dedo anular y medio Combinación de tres presillas y arcos en carpa = altura del patrón localizado junto al lado cubital de la palma	Ninguno 2
Presilla transversal larga debajo de una o varias deltas	8	Ninguno	Ninguno
Uno o varios verticilos debajo de una o varias deltas dactilares	9	2 = si un verticilo está entre los dedos índice y medio 3 = si un verticilo está entre los dedos medio y anular 4 = si un verticilo está entre los dedos anular y meñique	Ninguno

**Tabla 5–19****Clasificación para el tenar (Moenssens, pág. 207-209).**

Patrón de la cresta	Primario	Secundario	Terciario
Sin patrón (o arco plano)	1	Ninguno	Ninguno
Varios patrones	2	1 = una presilla próxima abre hacia el lado radial con un centro apuntando hacia el pliegue del pulgar o el centro de la palma 2 = una presilla próxima y una presilla distal 3 = una presilla próxima y un verticilo 4 = una presilla próxima y una presilla doble	Usando una escala 0-9, medir la distancia entre el centro y el delta más cercano Usando una escala 0-9, medir la distancia entre el centro de la presilla próxima y el delta más cercano Ninguno Ninguno
Patrones con formaciones de crestas peculiares	3	Ninguno	Ninguno
Una apertura de presilla distal hacia el pliegue del dedo pulgar con centro apuntando hacia abajo	4	Usando una escala 0-9, medir la distancia entre el centro y el delta (no el delta carpiano)	Ninguno
Tres patrones diferentes	5	1 = un verticilo único 2 = un verticilo y una presilla distal 3 = dos verticilos	Ninguno Ninguno Ninguno
Cuatro patrones diferentes	6	1 = una presilla doble 2 = una presilla doble y una presilla distal 3 = una presilla doble y un verticilo 4 = dos presillas dobles	Ninguno Ninguno Ninguno Ninguno
Dos presillas distales colaterales	7	Ninguno	Ninguno
Dos presillas próximas, ya sea que ambas abran hacia el área carpiana o una hacia el área radial y otra hacia el área carpiana	8	Ninguno	Ninguno
Cualquier patrón no discutido	9	Ninguno	Ninguno

5.7.1 Nacimiento de la clasificación computarizada

El primer experimento con la automatización computarizada de tarjetas de huellas conocidas tuvo lugar en la Oficina Federal de Investigaciones. En 1934, la División de Identificación del FBI comenzaba a sentir los efectos de una base de datos de huellas conocidas que cada vez era más difícil de buscar manualmente. El intento del FBI en la automatización de impresiones conocidas implicaba el uso de tarjetas perforadas y máquinas de clasificación. Las clasificaciones de tarjetas con impresiones conocidas se tecleaban en las tarjetas perforadas y se clasificaban de acuerdo con la información contenida en la tarjeta. Entonces, las máquinas de clasificación de tarjetas podían extraer las tarjetas que contenían una clasificación específica perforada y a partir de esta extracción, los examinadores podían retirar las tarjetas de impresiones conocidas correspondientes para su examinación. Aunque este método era novedoso en el momento, el FBI determinó que el experimento no tendría éxito y fue abandonado (Stock, 1987, pág. 51).

5.7.2 Clasificación de la huella dactilar del National Crime Information Center

En 1965, la Oficina Federal de Investigaciones reconoció la necesidad del país de tener una base de datos criminales electrónica y centralizada. A los dos años, el National Crime Information Center (NCIC) nació, conectando 15 computadoras metropolitanas y estatales con la computadora central del NCIC en el FBI. Para 1971, todos los estados y el Distrito de Columbia estaban conectados al NCIC.

El NCIC se compone de millones de registros que han sido ordenados en bases de datos separadas. Los organismos de justicia penal pueden revisar estas bases de datos para obtener información. Una parte de la base de datos del NCIC es la clasificación de huellas dactilares del NCIC. Este sistema de clasificación alfanumérica tiene patrones específicos para cada dedo por separado y a diferencia del sistema de clasificación de Henry, no implica la combinación de los dedos. Sin embargo, al igual que el sistema de Henry, la clasificación del NCIC sólo puede ayudar en la eliminación o reducción de la búsqueda de registros en cuanto al sospechoso en potencia.

El sistema NCIC consiste en un código de 20 caracteres, en el que cada dedo – comenzando con el pulgar derecho y terminando con el dedo meñique izquierdo – está representado por dos caracteres (Tabla 5-20). Por ejemplo, una

persona con todos los arcos planos, excepto los arcos en forma de carpa en los dedos índice, tendrían un código de clasificación NCIC de AATTAAAAAAATTAAAAAA.

5.7.3 Primer intento del FBI para crear un sistema automatizado

En la década de 1950, la primera computadora disponible comercialmente llegó al mercado y para la década de 1960, las computadoras habían llegado a la comunidad policial (Ruggles et al., 1994, pág. 214). Debido a la experiencia previa acerca del uso de la individualización de impresiones conocidas asistidas por computadora y el continuo crecimiento de las bases de datos de tarjetas con huellas dactilares, un esfuerzo sincero fue la propuesta de ambas dependencias locales y de la Oficina Federal de Investigaciones para establecer un programa de computadora para ayudar de forma permanente con la automatización de huellas dactilares.

5.7.4 Investigación automatizada en Nueva York

En 1965, el Sistema de Información e Identificación del Estado de Nueva York comenzó la investigación acerca del uso de las minucias para clasificar las huellas dactilares (Stock, 1987, pág. 54). El esfuerzo comenzó con el registro manual de minucias de huellas dactilares ampliadas en superposiciones claras y progresó al uso de un sistema de proyección trasera ampliada. Los datos de minucias extraídas se utilizaron para la programación del software de extracción de minucias. Poco después de que el estado contratara a una empresa para el desarrollo de un sistema de codificación de minucias, las restricciones presupuestarias causaron que el programa fuera eliminado.

5.7.5 Sistema automatizado de la Real Policía Montada de Canadá

En 1970, la Real Policía Montada de Canadá (RCMP) inició un sistema de clasificación automatizada que utilizaba imágenes de video de tarjetas de impresiones conocidas. Estas imágenes de video se archivaron de acuerdo con la clasificación Henry de la RCMP. Cuando se presentaba una tarjeta para una búsqueda de una impresión conocida, se clasificaba y después era buscada en el archivo de video. El equipo de cómputo generaba un archivo de video que contenía todas las tarjetas con impresiones de huellas conocidas que eran parecidas. Este archivo después se comparaba en pantalla con la impresión conocida en cuestión.

**Tabla 5-20****Códigos de clasificación del NCIC.**

Pattern	NCIC Code
Número de crestas con presilla cubital (número real de crestas)	01–49
Radial loop ridge count (actual ridge count plus 50)	51–99
Arco plano	AA
Tented arch	TT
Verticilo plano, trazado interno	PI
Plain whorl, outer tracing	PO
Verticilo plano, trazado encontrado	PM
Central pocket whorl, inner tracing	CI
Verticilo de bolso interno, trazado externo	CO
Central pocket whorl, meet tracing	CM
Verticilo de doble presilla, trazado interno	dI
Double loop whorl, outer tracing	dO
Verticilo de doble presilla, trazado encontrado	dM
Accidental whorl, inner tracing	XI
Verticilo accidental, trazado externo	XO
Accidental whorl, meet tracing	XM
Dedo faltante o amputado	XX
Complete scarring or mutilation	SR

5.7.6 Investigación automatizada del FBI

En 1963, el FBI reinició su investigación para la automatización completa de su repositorio de impresiones conocidas de criminales. En ese momento, toda la atención estaba dirigida en la automatización de impresiones conocidas y en resolver la cartera de la División de Identificación en relación con el servicio de individualización de impresiones conocidas.

A mediados de la década de 1960, la investigación inicial confirmó la viabilidad del proyecto y, a finales de la década de 1960, los laboratorios Cornell fueron elegidos para construir un prototipo de lector automático de huellas dactilares (Stock, 1987, pág. 55). En 1972, este prototipo,

conocido como el AIDS (Sistema Automatizado de Identificación), se instaló en la División de Identificación en Washington, DC.

La clasificación real de huellas dactilares pasó por tres fases diferentes durante el desarrollo del programa. La primera fase intentó emular definiciones de patrones del sistema de clasificación Henry. Se asumía que si un técnico capacitado en huellas dactilares podía determinar fácilmente un tipo de patrón únicamente con mirar la trayectoria de las crestas generadas por la computadora, también podía hacerlo la computadora misma. Sin embargo, esto resultó ser largo, incluso para la computadora, y en la segunda fase, el sistema de Henry fue reemplazado con la clasificación de códigos de la NCIC.

A principios de 1980, se instituyó la tercera y última fase de clasificación automática de huellas dactilares. El sistema, denominado AFIS (Automated Fingerprint Identification System), se basaba únicamente en la extracción computarizada de minucias. Esta extracción, en efecto, crea mapas matemáticos de cada impresión en un bloque del dedo y de la tarjeta como un todo. Cada mapa contiene el tipo de patrón determinado por la computadora (Tabla 5-21) y la ubicación y dirección de las minucias.

Tabla 5-21**Clasificación de patrones del AFIS (CJIS, pág. 2).**

Descripción	Código AFIS
Arco	AU
Presilla con inclinación a la izquierda	LS
Presilla con inclinación a la derecha	RS
Verticilo	WU
Amputación	XX
Cicatriz completa	SR
Imposible de clasificar	UC
Imposible de imprimir	UP

Por lo tanto, los científicos en computación crearon un sistema en el que los números podían ser comparados. Hoy en día, cuando la tarjeta de impresiones conocidas de un sospechoso se somete a un sistema de identificación de huellas dactilares automatizado, un algoritmo compara

un mapa matemático con otro. La conclusión de la comparación es una lista de candidatos con el mayor número de algoritmos parecidos.

5.7.7 Desarrollos actuales en la automatización de las crestas de fricción

La tecnología de software de computadoras que resultó de la investigación de la Oficina Federal de Investigación ha llevado a la creación de numerosas empresas de paquetes de software para la automatización de las impresiones de crestas de fricción. Estos paquetes de software son independientes a la Oficina Federal de Investigaciones y están disponibles para cualquier institución que los quiera comprar. Sin embargo, con el inicio del Sistema Nacional Integrado y Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares (IAFIS) del FBI, en 1999, vinieron los estándares obligatorios relativos a la transmisión de información digital incorporada a AFIS (Servicios de Información de Justicia Criminal, 1999; Jain y Pankanti, 2001).

5.7.8 Sistemas de clasificación automatizados de huellas palmares

Una vez más, la historia se repite. Esta vez es la necesidad de un sistema automatizado de identificación de impresiones palmares (APIS). En respuesta, la comunidad de software biométrico está persiguiendo soluciones agresivamente. Numerosas empresas están ofreciendo paquetes de software que contienen sistemas de individualización de impresiones palmares. Integral con el uso de un sistema de impresión palmar está el almacenamiento digital de tarjetas de huellas palmares conocidas.

Actualmente el FBI está convirtiendo todas sus tarjetas de huellas palmares a un formato digital previniendo la integración de una función APIS a IAFIS.

5.8 Conclusión

En cualquier campo científico, la combinación de agudeza mental e innovación tecnológica siempre crea el deseo de cosas mejores y más grandes. Éste es ciertamente el caso de los sistemas de clasificación de crestas de fricción. Conforme la población creció, la necesidad de un sistema que no dependiera de la fuerza de trabajo limitada de la comunidad del orden público se hizo cada vez más importante. Los sistemas rudimentarios se convirtieron en sistemas

avanzados que hoy en día proporcionan a la comunidad de justicia penal con una solución viable al problema de identificación de reincidentes. Los avances en microprocesadores y programación de equipos de cómputo y la unión de impresiones de crestas de fricción y computadoras, han llevado a la comunidad de huellas dactilares a los momentos actuales, donde una tarjeta de impresiones conocidas puede buscarse en minutos.

5.9 Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo fueron Mike Campbell, Michael Perkins, Charles Richardson y Lyla A. Thompson.

5.10 Referencias

Alexander, H. *Classifying Palmprints: A Complete System of Coding, Filing, and Searching Palmprints*; Charles C. Thomas: Springfield, IL, 1973.

Ashbaugh, D. R. *Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.

Baird, A. J. *System Used by the Western Australian Police Force for the Classification and Filing of Palmprints*; 1959 (unpublished).

Beavan, C. *Fingerprints: The Origins of Crime Detection and the Murder Case that Launched Forensic Science*; Hyperion: New York, 2001.

Bridges, B. C. *Practical Fingerprinting*; Funk and Wagnalls: New York, 1963.

Chatterjee, S. K. *Finger, Palm and Sole Prints*; Artine Press: Calcutta, India, 1953.

Criminal Justice Information Services, Federal Bureau of Investigation. *CJIS Informational Letter*; U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, August 20, 1999.

Dilworth, D., Ed. *Identification Wanted: Development of the American Criminal Identification System 1893-1943*; International Association of Chiefs of Police: Gaithersburg, MD, 1977.



Faulds, H. On the Skin—Furrows of the Hand. *Nature* 1880, 22 (October 28), 605.

Faulds, H. *Guide to Finger-Print Identification*; Wood, Mitchell & Co. Ltd.: Hanley, Stoke-On-Trent, U.K., 1905.

Faulds, H. *Dactylography or the Study of Finger-Prints*; Milner and Company: Halifax, London, 1912.

Federal Bureau of Investigation, *Classification of Footprints*; U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Washington DC, 1985. (Revised and reprinted from *Law Enforcement Bulletin*, September 1971.)

Galton, F. *Finger Prints*; MacMillan: New York, 1892.

Galton, F. Human Variety. *Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 1889, 18, 401–419.

Herschel, W. J. Skin Furrows of the Hand. *Nature* 1880, 23 (578), 76.

Jain, A.; Pankanti, S. *Automated Fingerprint Identification and Imaging Systems*, 2nd ed.; CRC Press: New York, 2001.

Jay, V. The Extraordinary Career of Dr. Purkinje. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 2000, 124 (5), 662–663.

McGinnis, P. D. *American System of Fingerprint Classification*; New York State Department of Correction Division of Identification: New York, 1963.

Moenssens, A. A. *Fingerprint Techniques*; Chilton Book Company: Philadelphia, 1971.

Rhodes, H. *Alphonse Bertillon: Father of Scientific Detection*; Abelard-Schuman: London, 1956.

Rodriguez, J. South Atlantic Crossing: Fingerprints, Science, and the State in Turn-of-the-Century Argentina. *The American Historical Review*, April 2004 [Online], 109.2, <http://www.historycooperative.org/journals/ahr/109.2/rodriguez.html> (accessed June 23, 2006).

Ruggles, T.; Thieme, S.; Elman, D. Automated Fingerprint Identification Systems: North American Morpho System. In *Advances in Fingerprint Technology*; Gaensslen, R. E., Lee, H., Eds.; CRC Press: New York, 1994; pág. 212–226.

Russell, M. Print Pioneer Identified at Last. *The Herald*, 2004.

Stock, R. M. *An Historical Overview of Automated Fingerprint Identification Systems*. Federal Bureau of Investigation, U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Quantico, VA, 1987; pág. 51–60.

5.11 Información Adicional

Cherrill, F. R. *The Finger Print System at Scotland Yard: A Practical Treatise on Finger Print Identification for the Use of Students and Experts and a Guide for Investigators when Dealing with Imprints Left at the Scenes of Crime*; Her Majesty's Stationery Office: London, 1954.

Faulds, H. *A Manual of Practical Dactylography: A Work for the Use of Students of the Finger-Print Method of Identification*; The Police Review: London, 1923.

Federal Bureau of Investigation. *The Science of Fingerprints*; U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 1979.

Herschel, W. J. *The Origin of Finger-Printing*; Oxford University Press: London, 1916.

Henry, E. R. *Classification and Uses of Fingerprints*, 1st ed.; Routledge & Sons: London, 1900.

Purkinje, J. E. *Commentatio de Examine Physiologico Organi Visus et Systematis Cutanei* (A Commentary on the Physiological Examination of the Organs of Vision and the Cutaneous System); Vratisaviae Typis Universitatis: Breslau, Prussia, 1823.

Vucetich, J. *Dactiloscopía Comparada* (Comparative Fingerprinting): *The New Argentine System*; 1904. (Translation for FBI Laboratories by Patrick J. Phelan, August 27, 1954.)

Wentworth, B.; Wilder, H. H. *Personal Identification*; Gorham Press: Boston, 1918.

CAPÍTULO



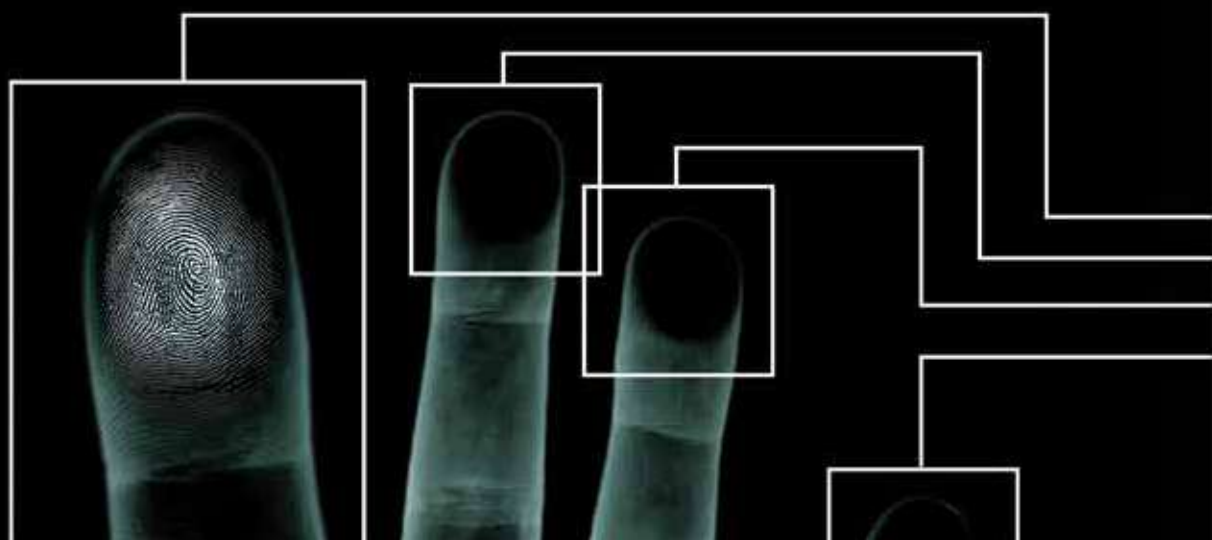
SISTEMA AUTOMATIZADO DE IDENTIFICACIÓN DE HUELLAS DACTILARES (AFIS)

KENNETH R. MOSES

AUTORES COLABORADORES:
PETER HIGGINS, MICHAEL MCCABE,
SALIL PRABHAKAR Y SCOTT SWANN

CONTENIDOS

3	6.1 Introducción	35	6.5 Resumen
10	6.2 Operaciones de AFIS	36	6.6 Revisores
16	6.3 Estándares	36	6.7 Referencias
22	6.4 Digitalización y Procesamiento de Huellas Dactilares	37	6.8 Información adicional





CAPÍTULO 6

SISTEMA AUTOMATIZADO DE IDENTIFICACIÓN DE HUELLAS DACTILARES (AFIS)

KENNETH R. MOSES

AUTORES COLABORADORES:
PETER HIGGINS, MICHAEL
MCCABE, SALIL PRABHAKAR Y
SCOTT SWANN

6.1 Introducción

Antes de la revolución industrial y las migraciones masivas a las ciudades, las poblaciones vivían principalmente en las comunidades rurales, donde todos se conocían y había poca necesidad de identificación. De hecho, no había fuerzas policiales ni centros penitenciarios y había muy pocos tribunales. A medida que las ciudades se llenaron de gente, los índices de criminalidad se dispararon y los delincuentes florecieron en un mar de anonimato. La prensa se deleitaba con historias de la ilegalidad, las legislaturas respondieron rápidamente con más leyes y penas más severas (especialmente en el caso de reincidentes), y los departamentos de policía estaban a cargo de identificar y detener a los malhechores. Los sistemas de identificación—galería de rogues, antropometría, el “retrato hablado” de Bertillon, y el sistema de Henry—surgieron y rápidamente se esparcieron por todo el mundo a finales del siglo 19 y principios del 20.

El final de la década de 1960 y el principio de 1970 fueron testigos de otra época de agitación civil y un aumento sin precedentes en los índices de criminalidad, pero ésta coincidió con el desarrollo del chip de silicio. Los desafíos inherentes a los sistemas de identificación parecían ya hechos para las soluciones del procesamiento automático de datos, y el AFIS—Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares—nació.

Durante este mismo período, la RAND Corporation, que operaba bajo una concesión nacional, publicó el Criminal Investigative Process (Greenwood et al., 1975), un amplio estudio y crítica del proceso por el que los crímenes son resueltos—o no. Generalmente, crítico de métodos tradicionales utilizados por los detectives, el estudio pone cualquier esperanza de mejorar en las pruebas físicas de impresiones generales y latentes en particular. En un estudio complementario, Joan Petersilia concluyó que:

No importa que tan competente sea el técnico en evidencia durante el desempeño de su trabajo, recabar evidencias físicas en el lugar de los hechos es inútil a menos que dicha evidencia pueda ser procesada y analizada correctamente. Debido

a que las huellas dactilares son por mucho la evidencia física recuperada con mayor frecuencia, hacer que ese sistema de análisis de dichas huellas sea efectivo contribuirá con un mayor éxito en la identificación de delincuentes mediante el uso de evidencia física. (Petersilia, 1975, pág. 12).

Aunque la nueva tecnología ya estaba en desarrollo en la Oficina Federal de Investigaciones (FBI), era un movimiento popular a nivel local y estatal que verdaderamente pondría a prueba la teoría de Petersilia.

6.1.1 Necesidad de automatización

En 1924, la División de Identificación del FBI se estableció por mandato de la ley de asignación de presupuestos del Congreso de los Estados Unidos al Departamento de Justicia. La División de Identificación fue creada para proporcionar un repositorio central de información de identificación penal para las fuerzas del orden público en todo Estados Unidos. La colección original de registros de huellas dactilares contenía 810,188 registros. Después de su creación, cada año se añadían cientos de miles de registros nuevos a esta colección, y para la década de 1960 el archivo criminal del FBI había aumentado a unos 15 millones de individuos. Eso era además de los 63 millones de registros en el archivo civil, muchos de los cuales eran el resultado de incorporaciones militares provenientes de la Segunda Guerra Mundial y el conflicto con Corea.

Casi todos los archivos criminales de las 15 millones de personas contenían la impresión decadactilar en las tarjetas para dar un total de 150 millones de huellas dactilares individuales. Los registros que llegaban se clasificaban de forma manual y se buscaban en este archivo utilizando el sistema de clasificación de Henry modificado por el FBI. Aproximadamente 30,000 tarjetas se buscaban diariamente. El tiempo y los recursos humanos para llevar a cabo este trabajo diario continuaban creciendo. Conforme una tarjeta ingresaba al sistema, una clasificación preliminar de patrón bruto se asignaba a cada huella dactilar por parte de los técnicos. Los técnicos podían completar aproximadamente 100 tarjetas de huellas dactilares por hora. Obviamente, como el tamaño del archivo criminal y la carga de trabajo diario incrementaron, la cantidad de recursos necesarios siguió creciendo. Finalmente, se añadieron extensiones de clasificación para

reducir la parte del expediente que debía ser buscada y cotejada con cada tarjeta. No obstante, el sistema manual utilizado para la búsqueda y correspondencia de las huellas dactilares se acercaba al punto de ser incapaz de manejar la carga de trabajo diaria.

Aunque los organizadores de tarjetas perforadas podrían reducir el número de tarjetas con huellas dactilares necesarias para ser examinadas sobre la base de la clasificación de patrones y otros parámetros, todavía era necesario que los examinadores humanos inspeccionaran cada tarjeta de huellas dactilares en la lista de candidatos. Era necesario un nuevo paradigma para detener el incremento en la cantidad de recursos humanos necesarios para procesar dichas solicitudes de búsqueda. Se necesitaba un nuevo enfoque automatizado para (1) extraer cada imagen de huella dactilar de una tarjeta decadactilar, (2) procesar cada una de estas imágenes para producir una plantilla de tamaño reducido con información característica, y (3) buscar en una base de datos para producir automáticamente una lista muy reducida con coincidencias de probables candidatos (Cole, 2001, pág. 251-252).

6.1.2 Desarrollo temprano del AFIS

A principios de 1960, el FBI en los Estados Unidos, el Ministerio del Interior del Reino Unido, la Policía de París en Francia y la Policía Nacional de Japón iniciaron proyectos para desarrollar sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares. La idea central de esta investigación era utilizar computadoras digitales electrónicas emergentes para ayudar o sustituir los procesos de trabajo intensos de clasificar, buscar y empatar coincidencias de las tarjetas decadactilares utilizadas para la identificación personal.

6.1.3 Iniciativa AFIS del FBI

Para 1963, el Agente Especial Carl Voelker de la División de Identificación del FBI se dio cuenta de que la búsqueda manual en el archivo criminal no seguiría siendo viable durante mucho más tiempo. En un intento de resolver este problema, buscó la ayuda de los ingenieros Raymond Moore y Joe Wegstein del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST)¹. Después de describir su problema pidió asistencia en la automatización del proceso de identificación de huellas dactilares del FBI.

¹ El NIST era conocido como la Oficina Nacional de Estándares cuando el FBI se encontró con Moore y Wegstein.



Los ingenieros del NIST primero estudiaron los métodos manuales utilizados por los técnicos en huellas dactilares humanas para hacer las identificaciones. Estos métodos se basaban en la comparación de minucias (es decir, finales y bifurcaciones de las crestas) en las crestas de la huella dactilar. Si las minucias de dos huellas dactilares se declaraban topológicamente equivalentes, ambas huellas dactilares eran determinadas como idénticas—es decir que se habían registrado a partir del mismo dedo de la misma persona. Después de esta revisión y después de estudiar los problemas adicionales inherentes al proceso de entintado, creían que una solución computarizada para hacer coincidir y emparejar automáticamente las minucias podría desarrollarse y ésta podría funcionar de manera similar a las técnicas utilizadas por los examinadores humanos para hacer identificaciones de huellas dactilares. Pero para lograr este objetivo, tres tareas principales tenían que llevarse a cabo. Primeramente, se tuvo que desarrollar un escáner que pudiera leer de forma automática y capturara electrónicamente la imagen de la huella entintada. En segundo lugar, era necesario detectar e identificar de forma exacta y consistente las minucias que existían en la imagen capturada. Por último, fue necesario desarrollar un método para comparar dos listas de descripciones de minucias para determinar si ambas tenían la probabilidad de venir del mismo dedo y de la misma persona.

La División de Identificación del FBI decidió que debía seguirse el enfoque sugerido por Moore y Wegstein. Para abordar las primeras dos de las tres tareas, el 16 de diciembre de 1966, el FBI emitió una solicitud de cotización (RFQ) “para desarrollar, demostrar y probar un dispositivo de lectura de ciertas minucias dactilares” (FBI, 1966). El contrato era para un dispositivo que automáticamente localizara y determinara la posición y orientación relativas de las minucias especificadas en huellas dactilares individuales contenidas en tarjetas de huellas dactilares estándar, y que se utilizarían en pruebas del FBI. Los requisitos declaraban que el lector debía ser capaz de medir y localizar minucias en unidades de no más de 0.1 mm y que la dirección de cada minucia debía medirse y presentarse como salida en unidades de no más de 11.25 grados (1/32 de un círculo completo). Los requisitos iniciales pedían un modelo prototipo para procesar 10,000 huellas dactilares individuales (1,000 tarjetas). Los contratistas también fueron instruidos para desarrollar una propuesta para un contrato subsecuente que procesara 10 veces ese número de huellas dactilares.

Las 14 propuestas recibidas como respuesta a esta solicitud de cotización se dividieron en 5 enfoques técnicos generales. Al concluir la evaluación de las propuestas, dos

propuestas separadas fueron financiadas para proporcionar un modelo básico para la lectura de imágenes de huellas dactilares y la extracción de minucias. Ambos propusieron usar un “escáner de punto móvil” para capturar imágenes. Pero cada uno ofreció un enfoque diferente para el procesamiento de la información de la imagen capturada y ambos parecían prometedores. Un contrato se adjudicó a Cornell Aeronautical Labs, Inc., que proponía el uso de una computadora digital de uso general para procesar píxeles binarios y desarrollar programas para detectar y proporcionar parámetros de medición para cada minucia identificada. El segundo contrato fue adjudicado a la Autonetics Division de North American Aviation, Inc., la cual propuso la utilización de un proceso digital de propósito especial para comparar las marcas lógicas y fijas con la imagen que identifica, detecta y codifica cada minucia.

Mientras se desarrollaban los dispositivos de escaneo de huellas dactilares y detección de minucias, la tercera tarea de comparar dos listas de minucias para determinar una correspondencia de candidato fue abordada por Joe Wegstein (Wegstein, 1969a, 1970, 1972a/b, 1982; Wegstein y Rafferty, 1978, 1979; Wegstein et al., 1968). Él desarrolló los algoritmos iniciales para determinar coincidencias de huellas dactilares basándose en el proceso y comparación de las dos listas que describían la ubicación y orientación de minucias. Durante los siguientes 15 años, continuó desarrollando software más fiable al comparar huellas dactilares, el cual se hizo cada vez más complejo con el fin de justificar tales cosas como la distorsión plástica y la elasticidad de la piel. Los algoritmos que desarrolló fueron incorporados en los AFIS que finalmente se pusieron en funcionamiento en el FBI y otras dependencias policiales.

Para 1969, tanto Autonetics como Cornell habían hecho progresos significativos en sus modelos para la demostración de viabilidad. En 1970, se emitió una solicitud de propuesta (RFP) para la construcción de un prototipo de lector de huellas dactilares que reflejara la experiencia adquirida de los modelos originales de demostración con un requisito adicional para la velocidad y precisión. Cornell se adjudicó el contrato para entregar el prototipo del lector al FBI en 1972. Después de un año de experiencia con el prototipo de sistema, el FBI emitió una nueva solicitud de propuesta que contenía requisitos adicionales, tales como un subsistema de la tarjeta de manipulación de tarjetas con alta velocidad. En 1974, Rockwell International, Inc., se adjudicó un contrato para construir cinco sistemas modelo de producción de lectura automática de huellas dactilares. Este revolucionario sistema fue llamado Finder. Estos lectores se entregaron al

FBI en 1975 y 1976. Los siguientes 3 años se dedicaron al uso de dichos lectores en la conversión de 15 millones de tarjetas de huellas dactilares criminales (Moore, 1991, pág. 164-175).

Como se puso de manifiesto que los esfuerzos del FBI para automatizar el proceso de comparación de huellas dactilares tendrían éxito, las fuerzas del orden estatal y local comenzaron a evaluar esta nueva tecnología para sus propias aplicaciones. El sistema Minneapolis-St. Paul en Minnesota fue uno de los primeros sistemas automatizados de coincidencia de huellas dactilares (después de la del FBI) que se instalaría en los Estados Unidos. Además, mientras que los Estados Unidos desarrollaban su tecnología AFIS en la década de 1960, Francia, Reino Unido y Japón fueron también haciendo investigación acerca del procesamiento y coincidencia automáticos de imágenes de huellas dactilares.

6.1.4 Iniciativa francesa de AFIS

En 1969, M. R. Thiebault, Prefectura de Policía de París, informó sobre los esfuerzos franceses. (Las descripciones del trabajo realizado por Thiebault se pueden encontrar en las entradas que figuran en la sección de información adicional de este capítulo). El enfoque de Francia estaba en la solución al problema de huellas dactilares latentes en vez del problema general de identificación, la cual era la preocupación en los Estados Unidos. El enfoque francés incorporó un vidicon (un tubo de cámara de video) para escanear transparencias de película fotográfica de huellas dactilares. El escaneo se realizó a 400 píxeles por pulgada (ppi), que era menor a la velocidad de barrido óptima para el trabajo latente. Este enfoque para empatar minucias se basó en hardware de alta velocidad con fines especiales que utilizaba un conjunto de circuitos lógicos. Los franceses también estaban interesados en resolver el problema de la mala calidad de imagen de la huella. Con el fin de lograr una imagen de alto contraste que fuera fácil de fotografiar y procesar, se desarrolló una técnica para grabar imágenes de huellas dactilares fotográficamente en vivo, utilizando un principio de "reflexión interna total frustrada" (FTIR). Aunque no se produjo a gran escala en ese momento, 20 años más tarde el FTIR se convirtió en la piedra angular para el desarrollo de modernos escáneres livescan de huellas dactilares hoy en día. Estos están haciendo que la tinta y tarjetas sean obsoletas para la identificación no forense de hoy en día.

A principios de 1970, el personal responsable del desarrollo de tecnología de automatización de huellas dactilares

de Francia había cambiado. Como resultado, había poco interés en perseguir la investigación de identificación automatizada de huellas dactilares para los próximos años. A finales de 1970, una subsidiaria de ingeniería en informática de la institución financiera más grande de Francia respondió a una solicitud del Ministerio de Interior francés para trabajar en un procesamiento automatizado de huellas dactilares para la Policía Nacional francesa. Más tarde, esta empresa se unió con el Laboratorio de Matemáticas Morfológicas de la Escuela de Minas de París para formar una filial denominada Sistemas Morpho la cual desarrollaría el funcionamiento. Actualmente, Sistemas Morpho es parte de Sagem (también conocido como Grupo SAFRAN).

6.1.5 Iniciativa AFIS del Reino Unido

Durante el mismo período de tiempo, el Ministerio del Interior del Reino Unido estaba haciendo la investigación sobre la identificación automática de huellas dactilares. Dos de las principales personas responsables de AFIS del Reino Unido fueron el Dr. Barry Blain y Ken Millard. (Los documentos producidos por Millard se encuentran en la sección de información adicional de este capítulo). Al igual que los franceses, su objetivo principal era el trabajo de impresión latente. Para 1974, la investigación se estaba haciendo en la empresa con la asistencia del contratista Ferranti, Ltd. El Ministerio del Interior desarrolló un lector para detectar minucias, posición y orientación del registro, y para determinar el número de crestas hacia los cinco vecinos más cercanos a la derecha de cada minucia. Éste fue el primer uso de información del conteo de crestas por parte de un proveedor AFIS (Moore, 1991).

6.1.6 Iniciativa japonesa de AFIS

Al igual que Francia y el Reino Unido, la motivación de Japón para tener un sistema de identificación de huellas dactilares fue dirigida hacia comparar imágenes latentes con un archivo maestro de huellas laminadas. Los investigadores japoneses creían que un sistema latente preciso naturalmente los llevaría al desarrollo de un sistema deca-dactilar exacto.

En 1966, el Departamento de Policía de la Prefectura de Osaka tenía casi 4 millones de huellas dactilares individuales. Un primer esfuerzo de automatización por parte de esta dependencia fue el desarrollo de un sistema de coincidencia de clasificación de patrones basado en un número de 17 a 20 dígitos codificado manualmente (Kiji, 2002, pág. 9). Aunque este enfoque mejoraba enormemente la



eficiencia del método totalmente manual, tenía problemas inherentes. Se requería de una gran cantidad de precisión humana y tiempo para clasificar las huellas dactilares latentes e individuales; no era totalmente adecuado para la coincidencia latente; y producía una larga lista de candidatos lo que resultaba en verificaciones caras.

A los pocos años, el enfoque de automatización de huellas dactilares de los investigadores japoneses había cambiado. Para 1969, la Sección de Identificación de la Oficina de Investigación Criminal de la Agencia Nacional de Policía de Japón (NPA) se acercó a NEC para desarrollar un sistema para la automatización de la identificación de huellas dactilares. NEC determinó que podría construir un sistema automatizado de identificación de huellas dactilares que empleara un enfoque basado en minucias, similar al que se utilizaba en el sistema en desarrollo del FBI. En ese momento, se pensó que un sistema totalmente automatizado para la búsqueda de huellas dactilares no se llevaría a cabo durante 5 a 10 años. En 1969, representantes de NEC y NPA visitaron el FBI y comenzaron a aprender sobre el estado actual de la técnica para planes AFIS del FBI. Durante ese mismo período, representantes de NPA también colaboraron con Moore y Wegstein de NIST. Sitios AFIS adicionales fueron visitados, donde se adquirió información sobre enfoques útiles e inútiles que habían sido intentados. Toda esta información se evaluó y se utilizó en el desarrollo del sistema de NEC.

Durante los siguientes 10 años, NEC trabajó para desarrollar su AFIS. Además de la ubicación y orientación de minucias, este sistema también incorporó información del número de crestas presentes en los cuadrantes que rodeaban los cuatro locales de cada minucia bajo consideración de emparejamiento. En 1982, NEC había instalado con éxito su sistema en el NPA y comenzó el proceso de conversión de la tarjeta. Al año, comenzaron las búsquedas de información sobre latentes.

En 1980, NEC recibió una patente estadounidense para la detección automática de minucias. Comenzó a comercializar sus sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares en los Estados Unidos unos años más tarde.

6.1.7 La politización de las huellas dactilares y el experimento San Francisco

El desarrollo e implementación tempranos de sistemas automatizados de huellas dactilares se limitaban a las dependencias policiales nacionales en Europa, América del Norte

y Japón. Pero los problemas relacionados con enormes bases de datos nacionales y la situación recién nacida de la tecnología de informática en la década de 1970 limitaban la utilidad de estos sistemas. La inversión gubernamental en AFIS se justificaba en gran medida por la promesa de la eficiencia en el procesamiento de expedientes dactilares entrantes. Sin embargo, el financiamiento de estos sistemas costosos a nivel local exigiría un poco de creatividad (Wayman, 2004, pág. 50-52).

Tras el éxito del Buscador del FBI, Rockwell tomó su sistema para comercializarlo a mediados de la década de 1970. Rockwell organizó un grupo de usuarios para su sistema Printrak y patrocinó una conferencia anual para clientes y posibles clientes. A partir de un sitio beta en San José, California, más de una docena de instalaciones se completaron en una rápida sucesión. Peggy James del Departamento de Policía de Houston, Joe Corcoran de Saint Paul, Donna Jewett de San José, y otros dedicaban sus energías a la educación de la comunidad internacional de huellas dactilares sobre el milagro del sistema Printrak basado en minucias. Cada sistema que entró en funcionamiento anunciaba con bombo y platillo la solución a los crímenes que de otro modo no se habían resuelto, además de la identidad de los delincuentes detenidos. Se publicó y distribuyó un boletín informativo de un grupo de usuarios, éste destacó algunos de los mejores casos, y enumeró las estadísticas de búsqueda de las dependencias miembro.

Ken Moses del Departamento de Policía de San Francisco había asistido a varias de las conferencias de Printrak y se convirtió en un defensor acérrimo de la automatización de la huella dactilar. En los tres años sucesivos, persuadió al Jefe de Policía para incluir un sistema Printrak en el presupuesto de la ciudad, pero cada vez era vetada por el alcalde. Después del tercer veto del alcalde, una propuesta de votación fue organizada por otros políticos. La propuesta pedía a los ciudadanos que votaran si querían un sistema automatizado de huella dactilar. En 1982, la Propuesta E pasó con una pluralidad del 80%.

El alcalde se negó a aprobar la compra de una única fuente de Rockwell, a pesar de que era el único sistema en el mundo que se comercializaba. Insistió en una oferta competitiva con estrictos criterios de evaluación y pruebas. Mientras estaba en una misión comercial en Japón, el alcalde aprendió que la Policía Nacional de Japón estaba trabajando con NEC para instalar un sistema de huellas dactilares, pero NEC declaraba que el sistema estaba en desarrollo como un servicio público y la compañía no tenía

planes de comercializarlo. Después de reunirse con funcionarios japoneses clave, NEC cambió de parecer y aceptó una oferta en el AFIS de San Francisco.

Cuando se abrieron las licitaciones, Printrak y NEC no eran las únicas que habían presentado propuestas, un caballo negro llamado Logica también había entrado al combate. Logica había estado trabajando con el Ministerio del Interior británico para desarrollar un sistema para New Scotland Yard.

San Francisco retuvo al consultor en sistemas Tim Ruggles para llevar a cabo las primeras pruebas de referencia competitivas en el uso de sistemas de huellas dactilares. La prueba tuvo mayor peso en la precisión de impresiones latentes y un conjunto de 50 impresiones de huellas latentes calificadas de pobre a buena a partir de casos reales anteriores, se registraron contra una base de datos decadactilar prescrita. Todas las pruebas se llevaron a cabo en el hogar del proveedor correspondiente.² NEC se adjudicó el contrato y la instalación se completó en diciembre de 1983.

Además de ser la primera oferta competitiva en tecnología de la década de 1980, lo que diferenciaba al sistema de San Francisco de los que se habían ido antes era el diseño organizacional. AFIS fue visto como un verdadero sistema que abarcaba todos los aspectos de la identificación de las crestas de fricción—del lugar de los hechos a la sala del tribunal. El presupuesto AFIS incluía equipo de laboratorio y para el lugar de los hechos, formación en todas las fases de evidencia forense, incluso la compra de vehículos. En 1983, una nueva unidad para el lugar de los hechos se organizó específicamente con el nuevo sistema como la pieza central. Cambios importantes de la organización fueron puestos en práctica:

1. Todas las latentes que cumplieran con los criterios mínimos debían ser buscadas en el AFIS.
2. Se creó una nueva unidad llamada Investigaciones del Lugar de los Hechos con personal que tenía un horario de 24/7.

² Los primeros resultados de las pruebas de referencia competitivas fueron publicados por la Asociación Internacional para la Identificación en 1986 (Moisés, 1986). A partir de entonces, algunos vendedores a menudo exigían que los resultados de las pruebas de referencia se mantuvieran en secreto y las fuerzas del orden público en general accedieron a dichas demandas. Esto ha hecho que sea extremadamente difícil para los investigadores y los posibles compradores evaluar los sistemas de la competencia. El velo del secreto se ha mantenido en general en cuanto a compartir información del desempeño operativo AFIS por parte del personal de la dependencia, quienes frecuentemente desarrollan un fuerte sentido de lealtad a su proveedor AFIS.

3. Las políticas del departamento se cambiaron para ordenar que los oficiales de patrullaje notificaran a los investigadores del lugar de los hechos de todos los delitos con huellas latentes en potencia.
4. Todos los investigadores quienes procesaban el lugar de los hechos eran capacitados en el uso del sistema y eran alentados a buscar sus propios casos.
5. Las estadísticas de desempeño se guardaban desde el comienzo y los casos AFIS eran buscados del sistema de justicia penal hasta los tribunales.

El resultado del experimento de San Francisco generó un dramático aumento de 10 veces en las identificaciones de huellas latentes en 1984. El fiscal de distrito exigió y obtuvo cinco nuevos puestos para procesar los casos AFIS. La tasa de condenas en casos de robo derivados de AFIS era tres veces mayor que en los casos de robo sin este tipo de evidencia (Figura 6-1; Bruton, 1989).

En momentos en que las tasas de robo estaban aumentando considerablemente en las ciudades de todo el país, la tasa de robo se desplomó en San Francisco (Figura 6-2; Bruton, 1989). Los reporteros, académicos y administradores de la policía de todo el mundo inundaron el Departamento de Policía de San Francisco para obtener demostraciones e información.

La importancia de la política y la publicidad no se perdió en otras dependencias. La ciudad de Los Ángeles incluso agregó a la lista el apoyo de estrellas de cine para promover el apoyo del público. La identificación del asesino en serie Richard Ramírez, el infame Night Stalker, a través de una búsqueda de la nueva California State AFIS fue noticia en todo el mundo y garantizaba el futuro financiamiento de los sistemas en California.

6.1.8 Proliferación AFIS

El éxito en San Francisco, difundido ampliamente, proporcionó la chispa para la rápida proliferación de las nuevas instalaciones AFIS, junto con una metodología de pruebas de referencia para evaluar las demandas de la creciente cantidad de proveedores de la competencia. Los gobiernos rápidamente proporcionaron fondos para que en 1999, *el Directorio de Usuarios AFIS* de la Asociación Internacional para la Identificación (IAI) identificara 500 sitios AFIS en todo el mundo (IAI, 1999).

El floreciente mercado de estos sistemas multimillonarios puso a la identificación forense en el mapa económico.



DISPOSICIONES DE ARRESTOS DE ADULTOS POR DELITOS GRAVES

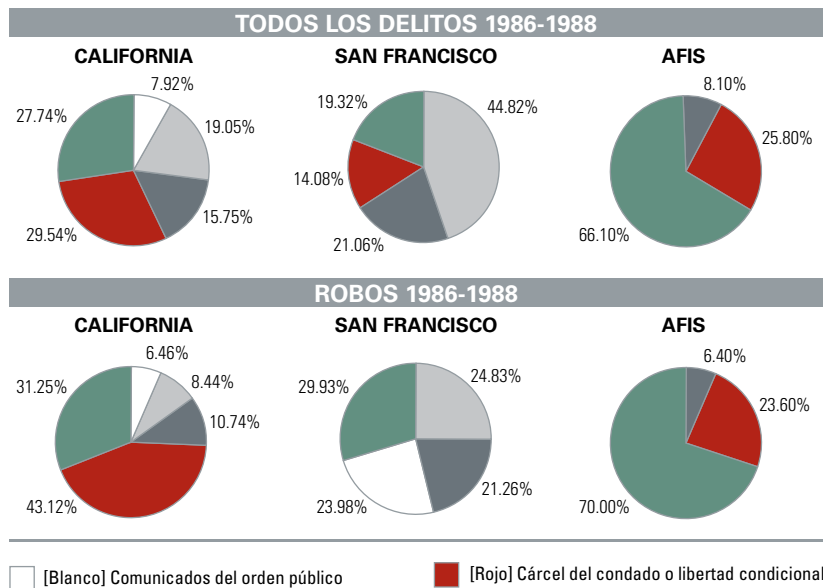


FIGURA 6-1

El seguimiento de éxitos de latentes a través de los tribunales. (Bruton, 1989).

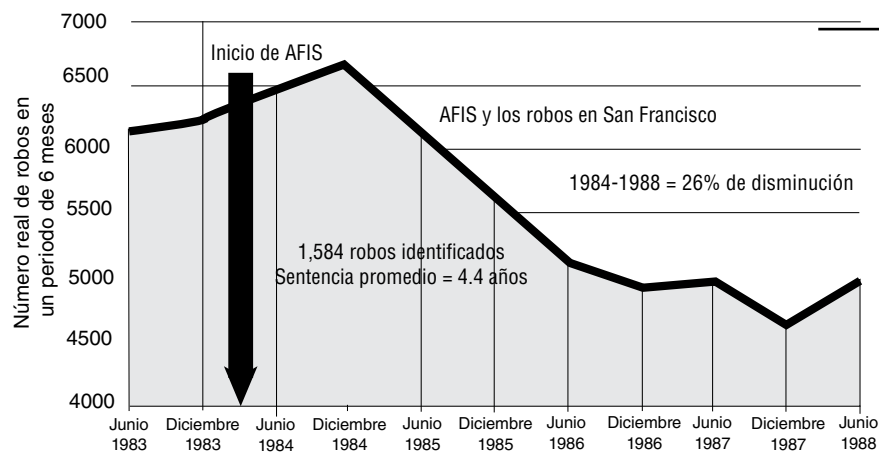


FIGURA 6-2

Estudio estadístico de logros de AFIS vs robos en San Francisco, 1984-1988. (Bruton, 1989).

Las exposiciones comerciales en las conferencias del IAI, en donde había empresas destacadas que anteriormente vendían cinta y polvo, ahora se habían expandido a las ampliaciones de imágenes digitales, láseres y fuentes de luz forense, y a lo último en desarrollos nuevos de Silicon Valley. El Laboratorio Criminal de San Francisco recibió su primer sistema de imagen digital en 1986. Este sistema 3M/Comtal estaba dedicado a la mejora de las crestas de fricción. Fingermatrix instaló el primer dispositivo livescan en la Oficina de Identificación de la Policía de San Francisco en 1988. AFIS sacó al lugar de los hechos y a la identificación forense del sótano; ningún administrador de la ley local o estatal quería ser acusado de quedarse atrás.

Sin embargo, la expansión desenfrenada de AFIS no siempre era lógica y racional. A principios de la década de 1990, los cuatro mayores proveedores—Printrak, NEC, Morpho y Cogent—estaban en competencia, cada uno ofrecía software patentado que era incompatible con los demás, sobre todo en la búsqueda de huellas latentes.

A menudo, la expansión se basa en consideraciones políticas y prioridades en la misión de la competencia. Las dependencias locales y estatales expresaron diferencias en las prioridades en términos de diseño del sistema, con los estados generalmente haciendo énfasis en las funciones decodificadas o de identificación criminal, mientras que

las ciudades y condados se centraron en la resolución de crímenes o funciones de huellas latentes. En general, las demandas de procesamiento de las impresiones latentes en los recursos computacionales superaron con creces los requisitos de procesamiento decadactilar y los estados se opusieron al gasto adicional y la complejidad técnica. Como resultado, las ciudades, condados y estados a menudo se fueron por su lado, instalando sistemas diferentes que no podían comunicarse con las jurisdicciones vecinas o con el repositorio estatal central. Los vendedores animaban con entusiasmo esta fragmentación en un intento de ganar participación en el mercado y desplazar a los competidores cuando fuera posible. La evolución de las normas de transmisión electrónica (ver sección 6.3) mejoraron este problema para la búsqueda decadactilar, pero no para la búsqueda de latentes.

6.2 Operaciones de AFIS

6.2.1 Funciones y capacidades de AFIS

Las oficinas de identificación están legalmente obligadas a mantener los registros de antecedentes penales. Históricamente, esto significaba requisitos de almacenamiento de archivos enormes y cuadros de secretarías que los cuidaran y buscaran. Las computadoras demográficamente basadas en antecedentes penales se establecieron muy por delante de AFIS, primero como sistemas para ordenar las tarjetas IBM y luego como sistemas de información totalmente digitales, con terminales por todo el estado a través del Centro Nacional de Información Penal (NCIC) y el National Law Enforcement Teletype System (Nlets) en toda la nación. Estos sistemas automatizados de antecedentes penales se hicieron aún más laboriosos que los sistemas de registro en papel a los que supuestamente reemplazaron. En muchos sistemas, se generó más papel y se colocó en las cubiertas del historial junto con las tarjetas de huellas dactilares, fotos policiales, órdenes de arresto y otros documentos requeridos.

AFIS revolucionó a las oficinas de identificación estatales ya que eliminó de los archivos de papel el último tipo de documento que antes no podía ser digitalizado—la tarjeta de huellas dactilares. Las oficinas de identificación estatales ahora podían llevar a sus legislaturas los análisis del costo-beneficio que fácilmente justificaban la compra de un sistema automatizado de huellas dactilares a través de la reducción del personal de oficina.

Las jurisdicciones locales y del condado no solían gozar de los beneficios económicos de los sistemas estatales. Los niveles del personal antes de AFIS eran a menudo más bajos y estaban controlados más por las exigencias del proceso de ingreso que por el mantenimiento de archivos. En general, AFIS aumentó las demandas de personal del lado latente y el procesamiento del lugar de los hechos porque hizo que el procesamiento del lugar de los hechos fuera dramáticamente más productivo. Las compras locales y del condado de AFIS normalmente se justificaban sobre la base de su potencial para resolver crímenes.

6.2.1.1 Funciones técnicas. Las AFIS policiales se componen de dos subsistemas interdependientes: el subsistema decadactilar (es decir, la identificación penal) y el subsistema latente (es decir, la investigación penal). Cada subsistema opera con una cantidad considerable de autonomía y ambos son vitales para la seguridad pública.

El subsistema decadactilar tiene la tarea de identificar conjuntos de incidentes de huellas dactilares entintadas o por livescan en un arresto o citación o como parte de un proceso de solicitud para determinar si una persona tiene un registro existente.

En muchos sistemas, el personal de identificación también se encarga de mantener la integridad de las bases de datos de huellas dactilares y antecedentes penales. El personal de la oficina de identificación en general está compuesto de técnicos en huellas dactilares y personal de apoyo de oficina.

Una investigación decadactilar automatizada normalmente requiere de una búsqueda de minucias solo de pulgares o dedos índice. Las huellas dactilares presentadas suelen tener claridad y detalle suficientes para hacer que la búsqueda de más de dos dedos sea innecesaria. La AFIS de hoy con frecuencia puede realizar una búsqueda de un millón de registros en menos de un minuto. Debido a que las bases de datos se han expandido en todo el mundo, algunos ingenieros AFIS se han ampliado para buscar cuatro dedos o más en un esfuerzo por aumentar la precisión.

El subsistema de identificación penal o de impresión latente tiene la tarea de resolver crímenes a pesar de la identificación de impresiones latentes desarrolladas en el lugar de los hechos y la evidencia física. Las terminales utilizadas dentro del subsistema latente a menudo están especializadas para dar cabida a la captura y mejora digitales de las huellas latentes individuales. El subsistema latente



puede estar compuesto de examinadores de impresiones latentes, investigadores del lugar de los hechos, o personal de laboratorio o administrativo. El personal del subsistema latente está frecuentemente bajo una estructura de mando diferente a la del subsistema decadactilar, y con frecuencia se le asocia con el laboratorio del crimen.

La búsqueda de una huella latente es muy tediosa y consume más tiempo que una búsqueda decadactilar. Las impresiones latentes son a menudo fragmentarias y tienen mala calidad de imagen. Las características de las minucias normalmente son revisadas una por una antes de que inicie la búsqueda. Dependiendo de la porción de la base de datos seleccionada para revisión y la carga de búsqueda del sistema, la respuesta puede tardar de unos pocos minutos hasta varias horas en reflejarse.

La mayoría de las instalaciones policiales AFIS tienen la capacidad de realizar las siguientes funciones:

- Comparar un juego de huellas dactilares conocidas (impresiones decadactilares) y una base de datos decadactilar existente (TP-TP) y volver con resultados que sean mejores que el 99% de precisión.³
- Comparar una impresión latente en el lugar de los hechos con evidencia penal y una base de datos decadactilar (LP-TP).
- Comparar una latente del lugar de los hechos y latentes en los archivos de otras escenas del crimen (LP-LP).
- Comparar una nueva adición decadactilar a la base de datos y todas las huellas latentes sin resolver en el archivo (TP-LP).

Se han hecho mejoras para permitir que otras funciones expandan las capacidades de AFIS, incluyendo:

- La adición de registros de la huella palmar a la base de datos para permitir la búsqueda de huellas palmares latentes provenientes de los lugares de los hechos.
- Interfaz de AFIS con otros sistemas de información de justicia penal para agregar eficiencia y la operación "Lights Out".⁴

- Interfaz de los sistemas AFIS con sistemas digitales de fichas policiales y dispositivos de captura de huellas dactilares livescan.
- Incorporación de dispositivos portátiles de mano para su uso en consultas de identidad en campo. La consulta se inicia mediante la exploración de uno o más de los dedos del sujeto, extrayendo las minucias dentro del dispositivo y transmitiéndolas a AFIS, la cual después arroja un resultado de éxito o sin éxito (luz roja, luz verde). Una notificación de éxito podrá estar acompañada de la imagen en miniatura de la ficha policial del sujeto.
- Los sistemas de identificación multimodales, incluyendo la huella dactilar, huella palmar, iris y el reconocimiento facial ya están disponibles ahora.

6.2.2 Precisión del sistema

La mayoría de los sistemas informáticos dedicados al gobierno se basan en información demográfica como nombre, dirección, fecha de nacimiento y otra información proveniente de letras y números. Por ejemplo, para buscar un registro en la base de datos de vehículos de motor, se puede introducir un número de placa o los datos del operador. El éxito de la búsqueda dependerá de la precisión con la que las letras y números fueron percibidos e ingresados originalmente. La investigación es sencilla y muy precisa para encontrar el registro deseado.

Los sistemas automatizados de huellas dactilares se basan en datos extraídos de imágenes. Aunque hay una única forma correcta de deletrear un nombre en la base de datos de vehículos de motor, una imagen de huella dactilar puede ser escaneada en un número casi infinito de formas. El éxito en la búsqueda de huellas dactilares depende de la claridad de la imagen y el grado de correspondencia entre la huella de búsqueda y la impresión en la base de datos (compresión y algoritmos son otros dos factores que pueden afectar la precisión). En el caso de la búsqueda de una nueva tarjeta decadactilar en la base de datos de decadactilares, por lo general hay información de imagen lo suficientemente presente para encontrar su coincidencia el 99,9% del tiempo en los sistemas con operadores a la mano para comprobar las listas de los encuestados (en lugar de las verdaderas operaciones "Lights Out").

Una impresión latente por lo general consiste de una porción fragmentaria de un solo dedo o un pedazo de la palma, aunque la calidad de algunas impresiones latentes puede exceder sus imágenes correspondientes del

³ Esta cifra está basada en los requisitos encontrados en documentos de concesión y pruebas de puntos de referencia, en lugar de la observación operativa.

⁴ "Lights out" (a luz apagada) normalmente se refiere a la habilidad del sistema para operar sin la intervención humana.

registro. La cantidad de información presente en la imagen es generalmente de menor calidad y a menudo está contaminada con interferencia de fondo. Ingresar latentes a la computadora tiene un elemento subjetivo que se basa en la experiencia del operador. Sobre la base de los requisitos para pruebas de aceptación de impresiones latentes que normalmente se encuentran en las propuestas y contratos AFIS, las probabilidades de que una huella latente encuentre su coincidencia son de 70% a 80%. Naturalmente, cuanto mejor sea la imagen latente, mayores serán las posibilidades de éxito. De forma inversa, la posibilidad de perder una identificación, incluso cuando el sujeto esté en la base de datos, es de 25%. Especialmente en las búsquedas de huellas latentes, la falla al producir una identificación o un éxito no significa que el sujeto no esté en la base de datos. Otros factores que escapan al conocimiento y control del operador, tales como impresiones de bases de datos de mala calidad, afectarán negativamente las posibilidades de una coincidencia.

Debido a la variabilidad de las imágenes y la subjetividad del operador de la terminal, a menudo el éxito mejora mediante la realización de búsquedas múltiples mientras se varía la imagen, se cambian los operadores o se busca en otros sistemas que puedan contener diferentes copias de las impresiones del sujeto. Es común que el éxito venga después de múltiples intentos.

6.2.3 Beneficios periféricos

6.2.3.1 Seguridad comunitaria. No existe un mecanismo de informes nacionales para la recopilación de estadísticas AFIS (o huellas latentes), por lo que los beneficios cuantificables son ilusorios. Sin embargo, para proporcionar un cierto reconocimiento de esos beneficios, el autor de este capítulo realizó una encuesta de éxitos latentes en los 10 estados con mayor población en el año 2005 (Tabla 6-1). Los intentos anteriores de proporcionar este tipo de información han puesto de manifiesto las inconsistencias de cómo se cuentan las identificaciones y cómo se determina la tasa de aciertos (Komarinski, 2005, pág. 184-189).

Con base en la encuesta del autor, se estima que 50,000 sospechosos por año en los Estados Unidos están identificados a través de búsquedas de latentes AFIS. En la realización de la encuesta, si las oficinas de estado contactadas no tenían cifras a nivel estatal, entonces también se intentaba con alguna de las cinco ciudades más grandes en ese estado.

Tabla 6-1

Aciertos mínimos (casos o personas identificadas) de los 10 estados con mayor población en el año 2005

Rank by Population	State	AFIS Latent Hits
1	California	8,814
2	Texas	3,590
3	New York	2,592
4	Florida	6,275
5	Illinois	1,224
6	Pennsylvania	1,463
7	Ohio*	1,495
8	Michigan**	1,239
9	Georgia	980
10	New Jersey	1,506
	Total	29,178

* Cleveland no está disponible.

** Detroit no está disponible.

(En ningún caso fue posible contactar cada jurisdicción equipada con AFIS en un estado, por lo que los aciertos totales son el número mínimo de aciertos.) Además, sólo se contaron casos de aciertos o éxitos de sospechosos, en función de los datos que mantiene cada dependencia. (Cuando las dependencias reportaron múltiples aciertos a una sola persona, esto no fue incluido en la información presentada).

Al extrapolar la tabla, si cada uno de los 40 estados restantes y todas las dependencias del gobierno federal tuvieran un solo acierto latente por día, el estimado total de accesos latentes para todos los Estados Unidos superaría los 50,000.

Pocos estudios se han realizado para medir qué efecto, si hubiese, ha tenido un aumento dramático en la tasa de identificaciones de huellas latentes sospechosas de AFIS sobre la seguridad pública en general. El robo de datos en San Francisco a finales de 1980 (Figura 6-2) es probatorio, pero debe interpretarse de manera restrictiva. Los Informes de Crímenes Uniformes del FBI muestran una disminución constante de los delitos más graves que coinciden con la proliferación de AFIS, pero no hay una relación de causa y efecto que haya sido explorada por la academia o el gobierno. Durante la década de 1990, muchos estados



aprobaron las leyes “tres strikes” que aumentaron el castigo para delitos graves que algunos teóricos han sostenido ser responsables de la disminución de la delincuencia. Pero antes de que penas más severas se puedan aplicar, los autores deben ser identificados y detenidos.

El robo es el delito más impactado por AFIS. Supongamos que un ladrón activo está cometiendo dos delitos por semana al momento de ser detenido sobre la base de un éxito AFIS. Se le condena y con base en las leyes de sentencias severas, es enviado a prisión por 5 años. En este caso, ese acierto de AFIS habría evitado 100 delitos por cada año del transcurso de la sentencia de 5 años. Si este arresto se multiplica por una fracción de los totales de la tabla anterior, se puede obtener una apreciación más real del impacto que está teniendo AFIS en la sociedad.

6.2.3.2 Validación de la ciencia de crestas de fricción.

Hay muchas maneras de probar la eficacia de una propuesta teórica. Los laboratorios corporativos y académicos vierten gran cantidad de recursos en la construcción de modelos que esperan casi dupliquen su desempeño en el mundo real. Incluso después de pasar con éxito estas pruebas, las teorías fallan y los productos son retirados después de superar los rigores del mundo real. Los modelos en uso invariablemente superan a los modelos de laboratorio.

Durante los últimos 100 años, muchos modelos se han construido para probar la teoría de que no hay dos imágenes de crestas de fricción de diferentes áreas de las superficies palmares iguales y para determinar la mínima cantidad de minucias es suficiente con apoyar la decisión de individualización.

Los sistemas automatizados de huellas dactilares han probado con efectividad la teoría de la identificación millones de veces al día todos los días durante más de 20 años. Estos sistemas tienden a validar lo que los examinadores de crestas de fricción han propuesto desde que Galton establece por primera vez sus normas. AFIS también ha servido como catalizador para ayudar a los examinadores a ampliar sus conocimientos y habilidades en el procesamiento de imágenes.

Algunos errores se producen cada año, tanto en sistemas manuales como automatizados y es a través del estudio de los errores el que ambos sistemas puedan ser mejorados en el futuro. De acuerdo con el Dr. James Wayman, Director del Centro Nacional de Pruebas de Biometría, “las tasas erróneas (en la identificación de crestas de fricción) son

difíciles de medir, precisamente porque son muy bajas” (Wayman, 2000).

6.2.4 IAFIS

El Sistema Automatizado e Integrado de Identificación de Huella Dactilar, más comúnmente conocido como IAFIS, es la mayor colección de información de antecedentes penales en el mundo. En pleno funcionamiento desde el 28 de julio de 1999, el IAFIS se mantiene por la División de Servicios de Información de Justicia Penal (CJIS) del FBI en Clarksburg, WV, y contiene imágenes de huellas dactilares de más de 64 millones de individuos. La arquitectura del sistema de la División CJIS del FBI y los servicios de identificación e investigación proporcionados por la división forman un concepto de sistema-de-servicios integrados (SoS). Estos servicios de identificación e información permiten a comunidades de aplicación de la ley a nivel local, estatal, federal, tribal e internacional, así como organizaciones civiles, acceder de manera eficiente o intercambiar información crítica las 24 horas del día, los 365 días al año. El SoS proporciona una identificación avanzada y tecnologías de justicia penal auxiliares utilizadas en la identificación de sujetos.

Los sistemas dentro de CJIS SoS, incluyendo el IAFIS, han evolucionado con el tiempo, tanto individual como colectivamente, para agregar nuevas capacidades tecnológicas, adoptar directrices legislativas y mejorar el rendimiento y precisión de sus servicios de información. Durante su primer año de creación, el IAFIS procesó cerca de 14.5 millones de entregas de huellas dactilares. Hoy en día, IAFIS procesa volúmenes decadactilares similares en muy poco tiempo, como 3 a 4 meses. Aunque ha sido diseñado para responder a las transacciones penales electrónicas dentro de 2 horas y transacciones civiles en 24 horas, IAFIS ha superado estas demandas, proporcionando a menudo solicitudes de búsqueda penales en menos de 20 minutos y verificación de antecedentes civiles en menos de 3 horas. Del mismo modo, IAFIS ofrece a los examinadores de huellas latentes una herramienta de investigación superlativa, permitiendo que la evidencia de huellas dactilares del lugar de los hechos se pueda buscar en aproximadamente 2 horas en lugar de las 24 horas del tiempo de respuesta estipulado. Aunque declarado como un sistema exitoso a inicios de su lanzamiento, IAFIS continúa mejorando como un activo vital para las fuerzas del orden después de más de 10 años. La sociedad transitoria de hoy magnifica la necesidad de un proceso de identificación que sea económico, rápido y positivo tanto para la verificación de

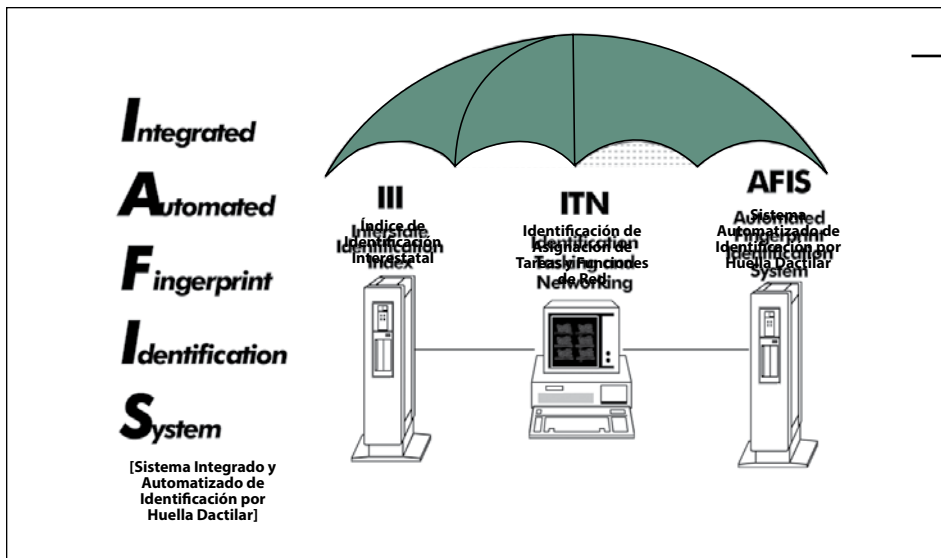
Los requisitos cada vez más complejos de la arquitectura SoS exigen un proceso bien estructurado para sus operaciones y mantenimiento. Cada uno de estos sistemas tiene varios segmentos que constan de hardware y software, los cuales proporcionan sistemas operativos y utilidades, gestión de bases de datos, gestión del flujo de trabajo, gestión de transacciones o la mensajería, redes internas y externas, el balance de la carga de comunicaciones, y la seguridad del sistema. IAFIS consta de tres segmentos integrados: segmento de Identificación de Asignación de Tareas y Funciones de Red (ITN), el Índice de Identificación Interestatal (III), y el AFIS (Figura 6-4).

recuperación de imágenes de huellas dactilares, las interfaces de comunicaciones externas, el elemento de comunicaciones de segundo plano de IAFIS y la facturación de tasas de usuario. El III ofrece búsqueda por temas, historial penal automatizado y almacenamiento y recuperación de fotos policiales. El AFIS busca en el repositorio de huellas dactilares del FBI coincidencias con huellas dactilares y las huellas dactilares latentes. Apoyando a IAFIS está la red CJIS de área amplia (WAN), que proporciona la infraestructura de comunicaciones para el intercambio seguro de información de huellas dactilares de y hacia sistemas externos. Los sistemas externos son las dependencias terminales de control estatal, oficinas de identificación estatales y los coordinadores de servicios federales.

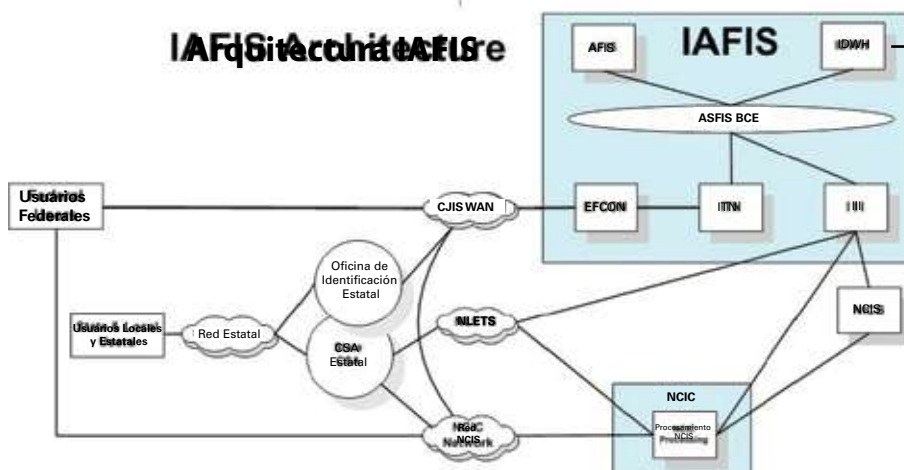
Asimismo, la presentación de información de huellas dactilares a IAFIS es el Servicio de Escaneo de la Tarjeta (CSS). El CSS actúa como un conducto para las dependencias que todavía no presentan huellas dactilares electrónicamente. El CSS hace la conversión de la información de huellas dactilares del formato papel al formato electrónico y envía esta información a IAFIS. Otro sistema que proporciona comunicaciones externas para IAFIS es Nlets. El propósito de Nlets es proporcionar comunicaciones interestatales a la policía, la justicia penal y otras dependencias que participen en la aplicación de las leyes. La Figura 6-5 muestra la arquitectura IAFIS de alto nivel. Los usuarios que deseen

*Presentaciones electrónicas al IAFIS.
(Ilustración de la
Oficina Federal de
Investigaciones).*



**FIGURA 6-4**

Segmentos IAFIS. (Ilustración de la Oficina Federal de Investigaciones)

**FIGURA 6-5**

Arquitectura de redes IAFIS. (Ilustración de la Oficina Federal de Investigaciones).

interactuar con IAFIS electrónicamente deben cumplir con la Especificación de Transmisión Electrónica de Huellas Dactilares (EFTS) del FBI.

El acceso electrónico y el intercambio de información de huellas dactilares del repositorio nacional más grande del mundo, en cuanto a antecedentes penales y civiles automatizados, están cumpliendo con la misión de CJIS:

La misión de la División CJIS es reducir las actividades terroristas mediante la maximización de la capacidad de proporcionar información oportuna y relevante de justicia penal al FBI y al cumplimiento calificado de la aplicación de la ley, justicia penal, civil, académica, empleo y dependencias autorizadas relativas a las personas, bienes robados, organizaciones y actividades criminales y cualquier

otra información relacionada con la aplicación de la ley.

6.2.4.1 Estado de IAFIS a principios de 2006. Debido a los cambios evolutivos en el American National Standards Institute (ANSI)/estándar NIST en 1997, 2000 y 2006, el FBI no siempre ha tenido los recursos financieros o el compromiso corporativo para actualizar el IAFIS y mantenerlo al día. Una de las áreas donde se ha avanzado es la aceptación y procesamiento de las “bofetadas segmentadas” para las transacciones civiles. Estas transacciones utilizan una platina livescan modificada que mide 3 pulgadas de alto, de tal forma que los cuatro dedos de cada mano se pueden colocar como una “bofetada” en una posición recta de arriba hacia abajo. Del mismo modo, los dos pulgares se pueden capturar al mismo tiempo para obtener un total de tres imágenes (de tipo 4 o de tipo 14, como se

define en las secciones 6.3.2.1 y 6.3.3). Los archivos de tres imágenes de la transacción resultante son fáciles de segmentar con el software del dispositivo de captura. Las tres imágenes y localización relativa de los dedos segmentados dentro de las imágenes se transmiten. Esto reduce drásticamente el tiempo de recolección y mejora la calidad de la imagen capturada desde una perspectiva de contenido debido a la colocación plana, recta, de 3 pulgadas.

Un inconveniente del IAFIS es que no puede almacenar y buscar huellas palmares, aunque varios AFIS de producción pueden hacerlo. Además, al menos una producción extranjera y varios sitios AFIS nacionales aceptan y almacenan imágenes dactilares de 1,000 píxeles por pulgada—IAFIS aún no puede hacer esto.

El FBI reconoce la necesidad de expandir sus servicios y ha (1) ensayado sistemas de palmas pequeñas y ha (2) iniciado un proyecto conocido como el Programa de Identificación de la Siguierte Generación (NGI). Impulsada por los avances en tecnología, los requisitos del cliente y la creciente demanda de servicios IAFIS, este programa va a avanzar aún más los servicios de identificación biométrica del FBI, proporcionando un reemplazo gradual de las capacidades técnicas actuales de IAFIS mientras introduce nuevas funcionalidades. Las mejoras y nuevas capacidades de NGI serán introducidas a través de un marco de tiempo de varios años dentro de un enfoque por etapas. El sistema NGI ofrecerá servicios de identificación biométrica vanguardistas y proporcionará un marco flexible de capacidades básicas que servirán como plataforma para la funcionalidad multimodal.

6.2.4.2 Estación de trabajo latente universal. Los AFIS que son totalmente compatibles con ANSI/NIST pueden enviar transacciones basadas en imágenes de un sitio a otro. Pero en la comunidad latente, la mayoría de los profesionales quieren editar las imágenes y extraer las minucias ellos mismos, es decir llevar a cabo búsquedas remotas en lugar de las entregas. Este modelo también se lleva bien con la capacidad de la mayoría de las dependencias para proporcionar mano de obra calificada necesaria para las entregas basadas en imágenes de otras dependencias.

La División CJIS del FBI abordó este tema trabajando estrechamente con Mitretek y los cuatro proveedores principales de AFIS para desarrollar un conjunto de herramientas que permitan la creación de búsquedas remotas para cualquiera de sus sistemas automatizados de identificación dactiloscópica, y para IAFIS. El resultado es un producto de

software libre llamado Universal Latent Workstation (ULW). Este software se puede ejecutar en una PC independiente, ya sea con un escáner plano o una interfaz de cámara digital. También se puede ejecutar en estaciones de trabajo latentes proporcionadas por el vendedor. Como mínimo, al especificar un AFIS en una compra, se debe ordenar que el AFIS sea capaz de generar búsquedas remotas a IAFIS. Se recomienda además, que el comprador pida la capacidad de realizar la función ULW para que los proveedores puedan integrar el ULW a sus sistemas.

El ULW también proporciona la capacidad de lanzar búsquedas de impresión de imágenes latentes en el IAFIS, sin necesidad de codificar manualmente las minucias cuando se trabaja con impresiones de huellas latentes de alta calidad.

6.3 Estándares

6.3.1 Antecedentes

Los estándares son acordados mutuamente con base en los atributos de los productos, sistemas, protocolos de comunicación, etc. Los estándares son lo que permite a la gente comprar focos hechos en Hungría, Estados Unidos o Japón y saber que van a encajar en un tomacorriente estándar. Las industrias y los gobiernos establecen estándares no sólo para conveniencia del consumidor, sino para permitir la competencia por el mismo producto.

Cada nación tiene su propia oficina o grupo administrador de estándares. En los Estados Unidos, es ANSI. A nivel internacional, hay varios organismos. Estos incluyen a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) de Naciones Unidas, la Organización Internacional de Policía Criminal (Interpol), la Organización de Estándares Internacionales (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Aparte de Naciones Unidas e Interpol, estos organismos de estandarización no “inventan” o “crean” estándares, más bien proporcionan procesos que cuerpos autorizados pueden utilizar para proponer estándares para la aprobación a nivel nacional y luego, a nivel internacional. Las Naciones Unidas y la Interpol tienden a basarse en estos estándares de organismos de estándares nacionales e internacionales en lugar de empezar desde cero.

ANSI tiene oficinas en Nueva York y Washington, DC. ANSI ha autorizado a más de 200 dependencias el proponer estándares. Si todos los procedimientos se



siguen correctamente y no hay objeciones sin dirección, a continuación, los resultados de los esfuerzos de estas dependencias se convierten en estándares ANSI. Las 200 organizaciones incluyen a las siguientes:

- El NIST del Departamento de Comercio
- IAI
- La Asociación Americana de Administradores de Vehículos Motorizados
- El Comité Internacional de Estándares en Tecnologías de la Información (INCITS)

6.3.2 Estándares de huellas dactilares

Las fuerzas de seguridad de todo el mundo han tenido por décadas estándares para el intercambio local de huellas dactilares entintadas. En 1995, la Interpol llevó a cabo una reunión para abordar la transferencia de tarjetas de huellas dactilares en papel y tinta (también conocidas como formas) entre países. Los estándares locales naturalmente tenían diferentes campos de texto, tenían diferentes diseños de campos de texto, se encontraban en diferentes idiomas, y estaban en muchos diferentes tamaños de papel. Antes de que el esfuerzo pudiera llevar a una forma internacionalmente aceptada de huella dactilar, la Interpol se trasladó al intercambio electrónico de huellas dactilares.

En la era de la tinta y el papel, los estándares incluían contenido de fibra y grosor en el papel, durabilidad de la tinta, el tamaño de las “cajas de dedo”, y así sucesivamente. Con el cambio a principios de 1990 hacia respuestas en tiempo real para entregar huellas criminales llegó un nuevo conjunto de estándares.

La única forma de presentar, investigar y determinar el estado de las huellas dactilares en pocas horas desde un lugar remoto es a través de la presentación electrónica y de respuestas electrónicas. La fuente aún puede ser en tinta y papel, pero las imágenes necesitan estar digitalizadas y ser presentadas electrónicamente para abordar la creciente demanda de un resultado rápido de las transacciones de las huellas dactilares.

El FBI fue la primera dependencia en migrar la presentación electrónica a gran escala de huellas dactilares desde lugares remotos. Como parte del desarrollo del IAFIS, el FBI trabajó de forma muy cercana con NIST para desarrollar los estándares apropiados para la transmisión electrónica de imágenes de huellas dactilares.

En 1991, NIST llevó a cabo una serie de talleres con expertos forenses, administradores de repositorios de huellas dactilares, representantes industriales y consultores para desarrollar un estándar bajo los lineamientos de ANSI, para el intercambio de imágenes de huellas dactilares. Se aprobó en noviembre de 1993 y el título formal fue “Formato de Datos para el Intercambio de Información de Huellas Dactilares (ANSI NIST-CSL 1-1993)”. Este estándar se basó en el estándar de la minuta del Buró Nacional de Estándares de ANSI en 1986 y el estándar ANSI/NBS-ICT 1-1986, el cual no abordó archivos de imagen.

Este estándar NIST de 1993 (y las revisiones posteriores) se volvió conocido en el mundo de la tecnología de huellas dactilares como el “estándar ANSI/NIST”. Si se implementa correctamente (por ejemplo, en completo cumplimiento con el estándar y la implementación del FBI), permitiría que las huellas dactilares recolectadas en un escaneo en tiempo real sea compatible para que cualquier proveedor lo pueda leer por medio de otro estándar AFIS y del FBI compatible que llegase a ser construido (en el momento).

El estándar se abrió deliberadamente para permitir que las comunidades de usuarios (también conocidas como dominios de interés) lo personalizaran de acuerdo con el cumplimiento de sus necesidades. Algunas de las áreas personalizables fueron la densidad de imagen (escala de grises de 8 bits o binaria) y campos de texto asociados con una transacción (por ejemplo, nombre, delito). La idea fue que diferentes comunidades de usuarios escribirían sus propios planes de implementación. Las partes obligatorias del estándar ANSI/NIST fueron las definiciones de los tipos de registro, los formatos binarios para las huellas dactilares y las imágenes de firmas, y dentro de ciertos tipos de registro, la definición de campos “encabezado” tales como el tipo de compresión de imagen.

6.3.2.1 Tipos de registro. Para que una transacción sea considerada compatible con ANSI/NIST, los datos deben enviarse de manera estructurada con una serie de registros que se alineen con los tipos de registro de ANSI/NIST tal como se implementaron en un dominio de usuario específico (por ejemplo, Interpol).

- Todas las transmisiones (también conocidas como transacciones) tienen que empezar con un registro tipo 1 que es básicamente una tabla de contenidos para la transmisión, el campo del tipo de transacción (por ejemplo, AUTO para “presentación de la ficha decadactilar

delictiva—respuesta requerida”) y la identidad tanto de los organismos emisores y receptores.

- Los registros tipo 2 pueden contener información definida por el usuario, asociada con el sujeto de la transmisión de las huellas dactilares (tales como nombre, fecha de nacimiento, etc.) y el propósito de la transacción (ciclo de arresto, revisión de antecedentes del solicitante, etc.). Estos campos se definen en el estándar de implementación del dominio de interés (por ejemplo, los EFTS del FBI). Cabe aclarar que los registros de tipo 2 también son utilizados para respuestas por parte de las AFIS. Estas caen en dos categorías: mensajes de error y resultados de búsqueda. Su uso real se define en la especificación dominio.
- Los tipos 3 (escala de grises de baja resolución), 4 (escala de grises de alta resolución), 5 (binarios de baja resolución) y 6 (binarios de alta resolución) se ajustaron para la transmisión de las imágenes de huellas dactilares en diferentes estándares (500 ppi para alta resolución y 256 ppi para baja resolución) y densidad de imagen (8 bits por pixel en escala de grises) o binario (1 bit por pixel en blanco y negro). Cabe destacar que todas las imágenes para los registros del tipo 3 al 6 se adquirirán a un mínimo de 500 ppi; sin embargo, las imágenes en baja resolución se rebajan para muestra a 256 ppi para la transmisión. Hay pocas implementaciones ANSI/NIST, si es que las hay, que soporten imágenes de tipo 3, 5 ó 6 (ver la explicación más adelante). Ninguno de estos tres tipos de registro se recomiendan para el uso mediante examinadores latentes o técnicos de huellas dactilares.
- El tipo 7 se estableció para imágenes definidas por el usuario (por ejemplo, imágenes latentes, rostros) y, hasta la actualización del estándar ANSI/NIST en 2000, fue el tipo de registro para el intercambio de imágenes latentes. Este tipo de registro puede ser utilizado para enviar copias escaneadas de documentos de identidad y así sucesivamente. De nuevo, la especificación de dominio determina los usos legítimos del registro tipo 7.
- El tipo 8 se definió para firmas (del sujeto o persona que toma las huellas) y no se utiliza en muchos dominios.
- El tipo 9 se definió para un conjunto mínimo de imágenes que pudieran ser enviadas a cualquier AFIS que fuera compatible con ANSI/NIST.

El primer plan de implementación tal fue el EFTS del FBI emitido en 1994. Los EFTS delimitaron qué tipo de registros, de los nueve definidos en el estándar ANSI/NIST, utilizaría el FBI y definieron los campos de datos tipo 2. La decisión clave que el FBI hizo fue que sólo aceptaría imágenes de 500 ppi en escala de grises o, en lenguaje ANSI/NIST, imágenes tipo 4. Como resultado de esa decisión, todos los sistemas de procuración de justicia desde entonces han especificado las imágenes tipo 4 y no aceptan las de tipo 3, 5 ó 6, las cuales han caído en desuso a causa de estas demandas en los Estados Unidos.

Los registros tipo 4 comienzan con la información del encabezado al frente de la imagen. Los encabezados le dicen a la computadora qué dedo corresponde a qué imagen, ya sea de un escaneo en tiempo real o de una tarjeta entintada, el tamaño de la imagen en número de píxeles de ancho y alto, y ya sea que la imagen sea de una impresión en rollo o de una impresión plana.

6.3.2.2 Calidad de imagen. Tanto el estándar ANSI/NIST y el EFTS carecieron de medidas o estándares de calidad de imagen. El FBI añadió después los EFTS con un Estándar de Calidad de Imagen (IQS) conocido como Apéndice F (más tarde, un reducido conjunto de especificaciones de calidad de imagen se añadieron como Apéndice G porque la industria no se estaba uniformemente preparada para cumplir con los estándares de la Apéndice F). El IQS define los estándares mínimamente aceptables para el equipo utilizado en la captura de huellas dactilares. Hay seis términos de ingeniería especificados en el IQS. Estos son:

1. Exactitud de imagen geométrica—la habilidad del escáner para mantener las distancias relativas entre los puntos en un objeto (por ejemplo, dos mitades) iguales a las distancias relativas a la imagen saliente.
2. Función de transferencia de modulación (MTF)—la habilidad del aparato de escaneo para capturar información de baja frecuencia (las crestas mismas) y de alta frecuencia (detalles de los bordes de las crestas), dentro de los estándares mínimos de las huellas dactilares.
3. Relación señal-ruido—la habilidad del aparato de escaneo para digitalizar la información sin introducir demasiada interferencia electrónica (eso es, con las partes de la imagen blanca pura apareciendo en blanco puro y las partes de la imagen negra pura apareciendo totalmente negras).



4. Rango de escala de grises de los datos de imagen—evitando imágenes de bajo contraste excesivo al asegurar que los datos de imagen se dispersen a través del número mínimo de sombras de gris.
5. Linealidad de la escala de grises—a medida que el nivel de gris cambia en la captura de una huella dactilar, la imagen digital refleja una relación de nivel de gris a través de las sombras de gris.
6. Uniformidad de salida del nivel de grises—la habilidad del aparato de escaneo para crear una imagen con una escala continua de gris a través de un área en la imagen de entrada (examinada utilizando una imagen de prueba especial) que tenga un solo nivel de gris.

Curiosamente, solo dos de estos seis estándares de calidad de imagen aplican a aparatos de escaneo latentes: exactitud de imagen geométrica y MTF. De hecho, el FBI no certifica (ver más adelante la discusión de productos certificados) escáneres para uso latente pero recomienda que los examinadores latentes compren el equipo con el que se sientan cómodos usando desde una perspectiva de calidad de imagen. Pero el Apéndice F del EFTS no ordena que las imágenes latentes se capturen a 1000 ppi.

No existen estándares para la calidad de la huella dactilar real, pero el escaneo en tiempo real y los proveedores de AFIS han clasificado la calidad de las huellas dactilares por años. Ellos saben que la calidad de las huellas dactilares es posiblemente el factor más fuerte en la confiabilidad de un AFIS que exitosamente empareje una huella dactilar con otra en el repositorio. Estas clasificaciones se factorizan a menudo en algoritmos AFIS.

En un escrito titulado “El papel de la Calidad de Datos en los Sistemas Biométricos” (Hicklin y Khanna, 2006), los autores escribieron lo siguiente:

Cabe destacar que esta definición de la calidad de datos va más allá de la mayoría de discusiones sobre la calidad biométrica, la cual se enfoca en el concepto de la calidad de muestra. La calidad de muestra trata con la fidelidad de captura de las características físicas del sujeto y el contenido de los datos intrínsecos de esas características. Sin embargo, un asunto de igual importancia para cualquier sistema operativo es la calidad de metadatos: las bases de datos necesitan estar al tanto de las relaciones erróneas entre los elementos de los datos, los cuales generalmente se generan

por causas administrativas más que por causas biométricamente específicas.

Aunque no existen estándares para la calidad de la imagen de las huellas dactilares, NIST ha investigado la relación entre la calidad de imagen calculada (usando algoritmos similares a aquellos empleados por los proveedores de AFIS), emparejada exitosamente con las relaciones en sistemas de identificación de huellas dactilares. Esto llevó a que NIST desarrollara y publicara un software para medir la calidad de imagen de las huellas dactilares.

El software se llama NIST Fingerprint Image Software 2. Fue desarrollado por el grupo de imagen de NIST para el FBI y el Departamento de Seguridad Nacional de los EE.UU. y se encuentra disponible de manera gratuita en las dependencias de procuración de justicia así como para los fabricantes e investigadores biométricos. El CD contiene un código fuente para 56 servicios y una guía de usuario.

El siguiente resumen es de la página Web de NIST en 2007:

Nueva a este lanzamiento hay una herramienta que evalúa la calidad del escaneo de una huella dactilar al momento en que es realizada. Problemas tales como piel reseca, el tamaño de los dedos y la calidad y condición del equipo utilizado puede afectar la calidad de la impresión y su habilidad para emparejarse con otras impresiones. La herramienta clasifica cada escaneo en una escala del 1, para una impresión de alta calidad, al 5, para una que no se puede utilizar. “Aunque la mayoría de los sistemas de huellas dactilares comerciales ya incluyen un software propietario de calidad de imagen, el software de NIST por primera vez permitirá a los usuarios que comparen directamente la calidad de imagen de las huellas desde los escáneres hechos por diferentes fabricantes”, dijo la dependencia.

6.3.2.3 Lista de productos certificados. Para ayudar a que la comunidad forense compre equipo compatible con IQS, el FBI estableció un programa de certificación. Los proveedores podrán probar por sí mismos su equipo y presentar los resultados al FBI donde, con la asistencia técnica de Mitretek, los resultados serán evaluados. Si los resultados son aceptables, se enviará una carta de certificación al proveedor. Es importante saber que, para los aparatos de captura, hay una combinación de las ópticas (escáner), software de procesamiento de imagen y el sistema operativo que se está probando. Por lo consiguiente, las cartas de certificación no se emiten para

un escáner sino para una configuración de un escáner y una PC que incluya un modelo de escáner específico, conectado a una PC que corra un sistema operativo específico y cualquier controlador de escaneo de mejora de imagen que sean utilizados.

Razón por la cual los fabricantes mejoran los escáneres, puede ser difícil comprar piezas de equipo certificadas previamente. Una lista completa de todo el equipo certificado se mantiene en el sitio web del FBI bajo la sección CJIS.

6.3.2.4 Compresión. Casi al mismo tiempo de la escritura de los EFTS, el FBI optó por el estándar de compresión para las transmisiones de ANSI/NIST. Dado que la relación de datos (ancho de banda) de los sistemas de telecomunicación era muy bajo en 1993, comparada con las relaciones de hoy en día, y que el costo de almacenamiento en disco era un tanto alto, el FBI eligió comprimir las imágenes de huellas dactilares usando una técnica llamada Cuantificación Escalar Ondícula (WSQ).

El plan inicial fue que las transmisiones decadaactilares se comprimiran mediante una WSQ a 20:1 y que las imágenes latentes permanecieran sin comprimir. Una tarjeta de huellas dactilares del FBI a principios de los años 90 tenía un área de superficie para las huellas dactilares que tenía 8 pulgadas de ancho y 5 pulgadas de alto para un total de 40 pulgadas cuadradas. Escanear a 500 ppi en la dirección de 8 pulgadas (X) y en la de 5 pulgadas (Y) arrojaron un total de 10 millones de bytes de información (10 MB). La compresión a 20:1 produciría un archivo con la mitad del peso (0.5 MB) que fuera mucho más fácil de transmitir y almacenar.

En la Conferencia Anual de Entrenamiento de IAI de 1993 en Orlando, FL., la Junta Directiva de IAI expresó sus preocupaciones al director del programa IAFIS sobre la relación de compresión propuesta de 20:1. El FBI accedió a apoyar un asesoramiento independiente del impacto de la compresión en la ciencia de la identificación de huellas dactilares por parte del comité de IAI AFIS, bajo el Mando de Mike Fitzpatrick de Illinois (Comité de IAI AFIS, 1994). Como resultado del estudio, el FBI acordó reducir la compresión promedio a 15:1 (Higgins, 1995, pág. 409-418).⁵

⁵The study showed that expert latent print examiners were unable to differentiate original images from those compressed at either 5:1 or 10:1 when presented with enlargements on high-quality film printers. One possible implication of that study was that latent images might safely be compressed at 2:1 (or possibly even more) for transmission, with no loss of information content. Currently, there are no agencies reporting the use of compression with latent images.

Mientras otros dominios de interés adoptaron el estándar ANSI/NIST alrededor del mundo (los primeros que lo adoptaron incluían a la Real Policía Montada de Canadá y al Ministerio de Interior del Reino Unido), todos usaron el EFTS como un modelo y todos incorporaron los estándares de IQS por referencia. Con una o dos excepciones, también adoptaron la compresión WSQ a 15:1.

Con la migración hacia relaciones de escaneo más altas para las transacciones decadaactilares, la tecnología de compresión preferente es JPEG 2000, la cual es una técnica de compresión basada en Ondícula. Actualmente (desde 2007), existen al menos cinco sistemas de identificación automática de huellas decadaactilares basadas en imagen a 1000 ppi. Tanto Cogent como Motorola han sacado sistemas de 1000-ppi. Se anticipa que otros proveedores sacarán dichos sistemas a medida que la demanda incrementa. Dado que los sistemas de escaneo en tiempo real más antiguos que operaban a 500 ppi pueden presentar transacciones a estos nuevos sistemas de identificación de huellas dactilares, es importante que sean capaces de trabajar en un ambiente de densidad mezclada (500-ppi y 1000-ppi).

Los cuatro proveedores más importantes de AFIS demostraron la capacidad de adquirir, almacenar y procesar huellas decadaactilares y huellas palmares de 1000-ppi durante el Parámetro de AFIS de la Real Policía Montada de Canadá, en 2005. Es importante señalar que estos sistemas adquieren las imágenes decadaactilares y palmares a 1000 ppi para archivarlas pero las reducen para su muestra a 500 ppi para buscar y crear una imagen que se utilice en AFIS. Actualmente, las imágenes a 1000-ppi se usan primariamente como muestra en estaciones de trabajo del examinador latente. A medida que los sistemas de identificación de huellas dactilares automáticos migran al uso de características de tercer nivel, se asume que las imágenes de resolución más grandes desempeñarán un papel en los algoritmos.

6.3.3 Actualizaciones del estándar ANSI/NIST

Desde 1993, el estándar ANSI/NIST ha sido actualizado tres veces, las más recientes en 2007 y 2008. Los cambios clave fueron los siguientes:

- En 1997, se añadieron transacciones tipo 10 para permitir que las imágenes de marcas faciales, cicatrices y tatuajes se transmitieran con transacciones de huellas



dactilares. El título del documento fue cambiado por: “Formato de Datos para el Intercambio de Información de Huella Dactilar, Facial y CMT (Cicartiz, Marca y Tatuaje) (ANSI / NIST-ITL 1a-1997)”

- En 2000, los tipos 13 al 16⁶ se añadieron para apoyar imágenes de mayor densidad, imágenes latentes en un nuevo formato, imágenes de palma e imágenes de prueba, respectivamente (ANSI/NIST-ITL 1-2000).
- NIST realizó dos talleres en 2005 para determinar si había nuevas áreas que se debían agregar. Los principales cambios deseados eran la adición de tipos de registro estándar para tipos de datos biométricos más allá de los dedos y rostros (por ejemplo, imágenes del iris) y la introducción de datos XML en los registros tipo 2. También se propusieron varios cambios y adiciones. (Ver las revisiones de 2007 y 2008, ANSI/NIST-ITL 1 2007 y 2-2008.)

6.3.4 Primeras demostraciones de interoperabilidad

Para 1996, el Comité IAI AFIS estaba organizando y gestionando (bajo las presidencias de Mike Fitzpatrick, Peter Higgins y Ken Moses) una serie de demostraciones de interoperabilidad de las transacciones de imágenes deca-dactilares procedentes del software Aware, Comnetix Live Scan e Identix Live Scan, que se convirtieron en Cogent Systems, Printrak (ahora Motorola) y Sagem Morpho, todos eran sistemas automáticos de identificación dactilar. El segundo año de estas manifestaciones (1998) vio la misma entrada que se presentó entre los sitios operacionales AFIS, por parte de los mismos tres proveedores de AFIS a lo largo de toda la red Nlets (Informe del Comité AFIS, 1998, pág. 490).

6.3.5 Interoperabilidad latente

Cuando se desarrollaba IAFIS, el FBI estableció (en el EFTS) dos maneras para que funcionaran las impresiones latentes a través de IAFIS desde fuera de las dependencias.

6.3.5.1 Presentaciones remotas. La dependencia con la impresión latente puede enviar (electrónicamente o por correo) la impresión (como una imagen en el caso de la presentación electrónica) al FBI, y el personal del FBI

realizará la edición, codificación, búsqueda y evaluación de candidatos. El FBI tomará cualquier decisión de identificación y devolverá los resultados a la dependencia de presentación. Este proceso imita el flujo de trabajo de pre-IAFIS, pero añade la opción de presentación electrónica.

6.3.5.2 Búsquedas remotas. La dependencia con la impresión latente realiza la edición y codificación y luego envía (electrónicamente) una búsqueda de características de huella latente (LFFS) a IAFIS para la búsqueda. IAFIS devuelve una lista de candidatos, incluyendo imágenes de los dedos, a la dependencia de origen para realizar la evaluación de candidatos. La dependencia de presentación hace cualquier decisión de identificación. Para apoyar la capacidad de búsqueda remota de LFFS, el FBI publicó la definición “nativa” del conjunto de características de IAFIS.

Muchas dependencias y departamentos civiles han querido ser capaces de ofrecer búsquedas deca-dactilares remotas, pero los conjuntos de características de los principales proveedores de AFIS son propietarios. En 2006, el NIST realizó un estudio sobre la interoperabilidad del nivel conjunto de características nativas de muchos AFIS y empresas de escaneo en tiempo real y comparó a los que tienen el rendimiento de minucias del estándar de la plantilla de huellas dactilares de INCITS 378 (el conjunto básico A y el conjunto más rico B).

El Reporte MINEX (Grother et al., 2006) muestra que la interoperabilidad basada en minucias es posible (con alguna pérdida de confiabilidad y exactitud) por medio de sistemas de verificación de un solo dedo. El reporte es cuidadoso al puntualizar que el uso de las plantillas INCITS 378 para las búsquedas de fichas deca-dactilares criminales remotas y latentes es desconocido y no puede ser extrapolado con seguridad a partir de ese reporte.

Ya que la mayoría de los AFIS (otros que no sean IAFIS) no poseen funcionalidad LFFS remota (hasta 2007), la interoperabilidad latente en el nivel de imagen usualmente requiere trabajo por parte de la dependencia de búsqueda. El deseo de mover esa carga de trabajo a una dependencia de presentaciones es natural porque la mayoría tienen algún nivel de exceso de capacidad que podría posiblemente soportar las búsquedas latentes remotas durante las horas no laborales.

⁶Los tipos 11 y 12 se pusieron de lado para un proyecto que nunca rindió frutos y no se utilizan en el Informe del Comité del estándar AFIS, 1998.

6.4 Digitalización y Procesamiento de Huellas Dactilares

6.4.1 Algoritmos

Las demandas impuestas por la esmerada atención, necesaria para que a la vista coincidan las huellas dactilares de cualidades diversas, el tedio de la naturaleza monótona del trabajo manual y el aumento de las cargas de trabajo debido a una mayor demanda de servicios de reconocimiento de huellas dactilares impulsaron a las dependencias de cumplimiento de la ley para iniciar la investigación sobre la adquisición de huellas dactilares a través medios electrónicos y a automatizar la individualización de éstas basados en la representación digital de las huellas dactilares. Como resultado de esta investigación, un gran número de algoritmos informáticos se han desarrollado durante las últimas tres décadas para procesar automáticamente las imágenes de huellas dactilares. Un algoritmo es un conjunto finito de instrucciones bien definidas para llevar a cabo alguna tarea que, dado un estado inicial y de entrada, terminará en un estado final correspondiente reconocible y de salida. Un algoritmo de computadora es un algoritmo codificado en un lenguaje de programación para funcionar en un ordenador. Dependiendo de la aplicación, estos algoritmos informáticos, podrían ayudar a los expertos humanos o bien, operar en el modo de apagado de luz. Estos algoritmos han mejorado en gran medida la productividad de las operaciones de las dependencias de cumplimiento de la ley y han reducido el número de técnicos de huellas dactilares necesarios. Aun así, los diseñadores de algoritmos identifican e investigan los siguientes cinco problemas principales en el diseño de los sistemas automatizados de procesamiento de huellas dactilares: la adquisición de huella dactilar, la mejora de imagen, la extracción de características (por ejemplo, las minucias), el emparejamiento y la indexación/recuperación.

6.4.2 Adquisición de la imagen

Los datos de huellas dactilares conocidos se pueden recolectar mediante la aplicación de una fina capa de tinta sobre un dedo y el balanceo del dedo de un extremo de la uña hasta el otro extremo de la uña, mientras se pulsa el dedo contra una tarjeta de papel. Esto daría lugar a un entintado "laminado" de impresión de huellas dactilares en la tarjeta de huellas dactilares. Si el dedo se presiona simplemente hacia abajo en contra de la tarjeta de papel en vez de rodar, la impresión de la huella dactilar resultante sólo

contendría una zona central más pequeña del dedo en lugar de la huella dactilar completa, resultando en una impresión "plana" o "normal" de huellas dactilares entintadas.

La transpiración y los contaminantes en la piel resultan en la impresión de un dedo que se deposita sobre una superficie que es tocado por ese dedo. Estas impresiones "latentes" pueden ser química o físicamente reveladas, y electrónicamente capturadas o manualmente "levantadas" desde la superficie mediante el uso de ciertas técnicas químicas, físicas y de iluminación. La huella dactilar revelada puede ser levantada con cinta o fotografiada. A menudo, estas huellas dactilares latentes contienen sólo una parte del detalle en las crestas de fricción que está presente en el dedo, es decir, una huella dactilar "parcial".

Las impresiones de huellas dactilares se desarrollan y conservan usando cualquiera de los métodos anteriores, y pueden digitalizarse mediante el escaneo de la tarjeta de entintado, levantamiento, artículo o una fotografía. Las imágenes digitales adquiridas por este método se conocen como imágenes "off-line". (Por lo general, los escáneres no están diseñados específicamente para aplicaciones de huellas dactilares).

Desde principios de la década de 1970, los sensores de huellas dactilares se han construido para que puedan adquirir una imagen de la huella dactilar por "escaneo en tiempo real (*livescan*)" directamente desde un dedo sin el uso intermedio de tinta y una tarjeta de papel. Aunque las imágenes "off-line" están todavía en uso en ciertas aplicaciones forenses y gubernamentales, se utilizan cada vez más las imágenes de huellas dactilares "on-line". Los principales parámetros que caracterizan una imagen de la huella dactilar son el área de resolución, el número de píxeles, la precisión geométrica, el contraste y la distorsión geométrica. La CJIS liberó las especificaciones, conocidas como Apéndice F y Apéndice G, que regulan la calidad y el formato de imágenes de las huellas dactilares y los escáneres compatibles con el FBI. Todos los dispositivos *livescan* fabricados para su uso en aplicaciones forenses y gubernamentales de cumplimiento de la ley son compatibles con el FBI. La mayoría de los dispositivos *livescan* fabricados para ser utilizados en aplicaciones comerciales, como el inicio de sesión en la computadora, no cumplen con las especificaciones del FBI, pero, por otro lado, suelen ser más fáciles de utilizar, compactos y mucho menos costosos. Hay una serie de mecanismos de detección *livescan* (por ejemplo, ópticos, capacitivos, térmicos, basados



en presión, ultrasonidos, etc.) que pueden ser utilizados para detectar las crestas y valles presentes en la yema del dedo. Sin embargo, muchos de estos métodos no proporcionan imágenes que contengan la misma representación de detalles necesarios para algunas comparaciones de huellas dactilares latentes. Por ejemplo, una imagen capacitiva o térmica puede representar los bordes y poros de una manera muy diferente a una impresión de tinta enrollada. La Figura 6-6 muestra una imagen de la huella “off-line” adquirida con la técnica de tinta, una imagen de la huella latente y algunas imágenes *livescan* adquiridas con diferentes tipos de dispositivos *livescan* comerciales.

Los dispositivos *livescan* suelen capturar una serie de imágenes de huellas dactilares a partir de una sola exploración en lugar de una sola imagen. Dependiendo de la

aplicación para la que el dispositivo *livescan* fue diseñado, puede ejecutar uno o varios algoritmos utilizando un microprocesador incorporado de recurso limitado (memoria y potencia de procesamiento) o mediante una computadora conectada. Por ejemplo, las estaciones de reserva *livescan* generalmente ejecutan un algoritmo que puede presentar en forma de mosaico (puntada) con múltiples imágenes adquiridas como un video durante una sola rodadura de un dedo sobre el escáner en una gran imagen laminada. Los algoritmos también suelen ejecutar un sistema de gestión de reserva integrada para proporcionar vistas previas en tiempo real (interfaz gráfica de usuario y zoom) para ayudar al operador en la colocación o alineación correcta de los dedos o las palmas de las manos. Normalmente, un algoritmo de revisión de calidad de la imagen de una huella dactilar también se ejecuta para alertar al operador sobre

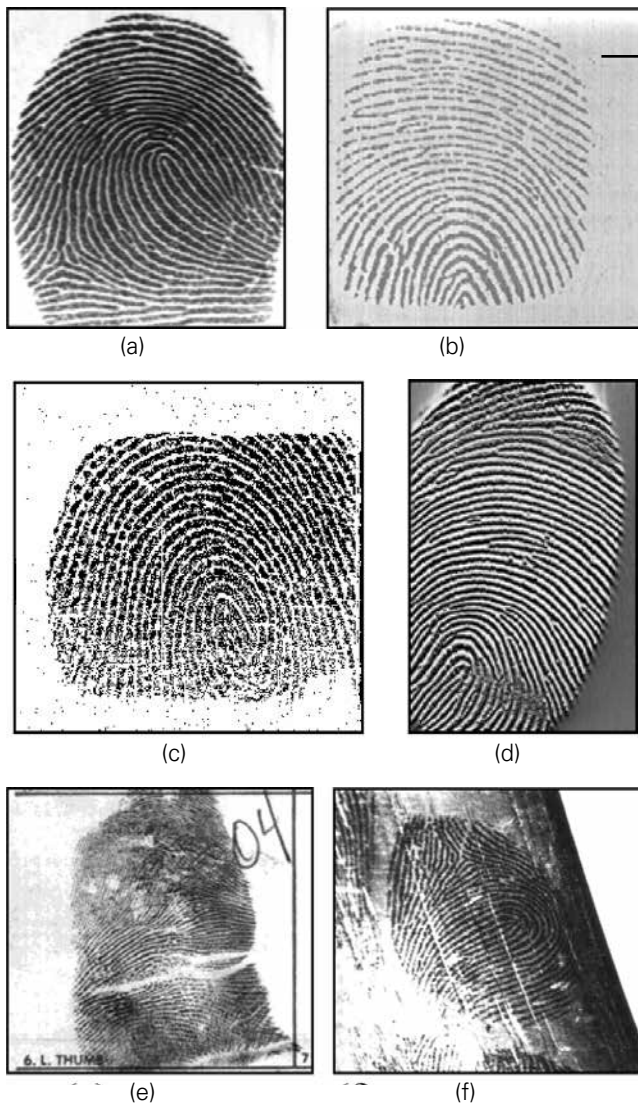


FIGURA 6-6

*Imágenes de huellas dactilares de
(a) un escáner óptico livescan basado en FTIR;
(b) un escáner capacitivo livescan;
(c) un escáner pieza eléctrica livescan;
(d) un escáner térmico livescan;
(e) una impresión entintada “off-line”;
(f) una huella dactilar latente.*

la adquisición de una imagen de la huella con mala calidad, para que una de mejor calidad se pueda volver a adquirir del dedo o la palma. La salida típica de un algoritmo automático de corrector de calidad de este tipo se muestra en la Figura 6-7.

Aunque los escáneres ópticos tienen la historia más larga y la más alta calidad, los nuevos sensores de estado sólido están ganando gran popularidad debido a su tamaño compacto y la facilidad con la que pueden ser incorporados en las computadoras portátiles, teléfonos celulares, bolígrafos inteligentes, asistentes digitales personales (PDA) y similares. Los sensores Swipe, donde se requiere un usuario que deslice su dedo por un sensor *livescan* que es amplia pero muy corta, pueden ofrecer el costo y el tamaño más bajo. Dichos sensores crean una imagen de una sola línea o sólo unas pocas líneas (lámina) de una huella dactilar y un algoritmo de costura de imagen que se utiliza para unir las

líneas o láminas para formar una imagen bidimensional de la huella dactilar (Figura 6-8).

Dependiendo de la aplicación, puede ser deseable implementar uno o más de los siguientes algoritmos en el aparato *livescan*:

- Algoritmo de detección automática del dedo—El escáner automáticamente sigue buscando la presencia de un dedo en su superficie y, tan pronto como se determina que hay presente un dedo en su superficie, éste alerta al sistema.
- Algoritmo de captura automática de huellas dactilares—Inmediatamente después de que el sistema ha sido alertado de que un dedo está presente en la superficie del escáner, se inicia la recepción de una serie de imágenes y el algoritmo de captura automática de huellas

FIGURA 6-7

- (a) Una huella dactilar de buena calidad;
 (b) Una huella dactilar de calidad media con pliegues;
 (c) Una huella dactilar de baja calidad;
 (d) Una huella dactilar de muy baja calidad que contiene mucho ruido.



(a) Índice de calidad = 0.9

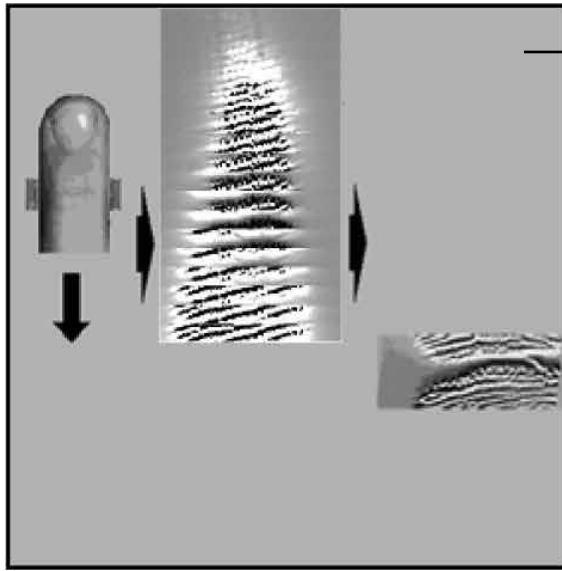
(b) Índice de calidad = 0.7



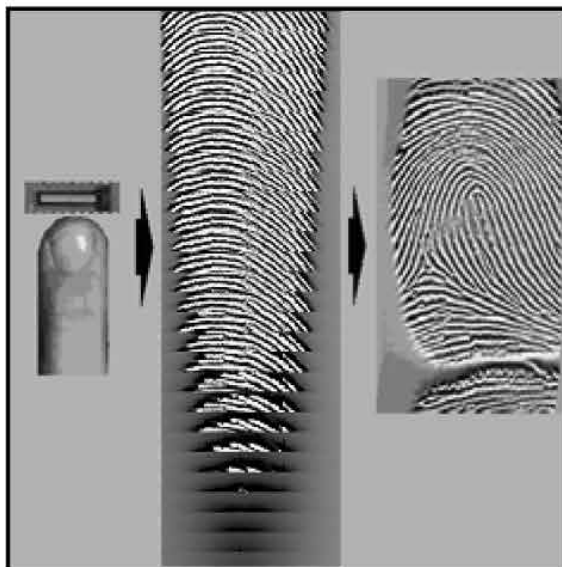
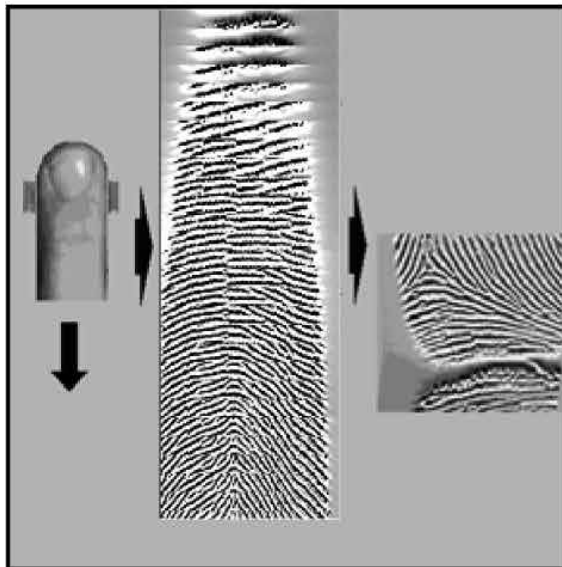
(c) Índice de calidad = 0.4



(d) Índice de calidad = 0.2

**FIGURA 6–8**

A medida que el usuario desliza su dedo en el sensor, el sensor entrega nuevas láminas de imagen, las cuales se combinan en una imagen bidimensional.



dactilares determina automáticamente qué fotograma de la secuencia de imágenes tiene la mejor calidad de imagen y elige esa toma del video para su posterior procesamiento de imágenes y emparejamiento.

- Algoritmo de detección de vitalidad—El escáner puede determinar si el dedo es consistente con la deposición de un ser humano vivo.
- Algoritmo de compresión de datos de imagen—La imagen comprimida requerirá menos capacidad de almacenamiento y ancho de banda cuando se transfiera al sistema.
- Algoritmos de procesamiento de imágenes—Ciertas aplicaciones se beneficiarán de la función de extracción llevada a cabo en el propio sensor; la transferencia de las características de huellas dactilares también requerirá menos ancho de banda que la imagen.
- Algoritmo de emparejamiento de imagen—Ciertas aplicaciones desearán que el emparejamiento de huellas dactilares se realice en el sensor por razones de seguridad, sobre todo para el control de la secuencia a bordo.
- Algoritmos y protocolo (s) criptográficos -Implementados en el escáner para llevar a cabo una comunicación segura.

6.4.3 Mejora de imagen

Las imágenes de huellas dactilares procedentes de diferentes fuentes pueden tener diferentes características de ruido y por lo tanto pueden requerir algunos algoritmos de mejora basados en el tipo de ruido. Por ejemplo, las imágenes de huellas dactilares latentes pueden contener una variedad de artefactos y ruido. Las huellas dactilares entintadas pueden contener manchas o crestas rotas que se deben a una cantidad excesiva o inadecuada de tinta. Las tarjetas de papel archivadas pueden contener inscripciones superpuestas y demás a las huellas dactilares. El objetivo de los algoritmos de mejora de la huella dactilar es producir

una imagen que no contenga una estructura de cresta generada artificialmente, la cual más tarde podría dar lugar a la detección de características de falsas minucias, mientras se captura la estructura máxima de la cresta disponible para permitir la detección de la verdadera minucia. Adaptar el proceso de mejora para el método de captura de huellas dactilares puede producir un rendimiento de adaptación óptimo a través de una gran colección de huellas dactilares.

Una huella dactilar puede contener dichas áreas de baja calidad en las que los algoritmos de orientación de la cresta y de estimación de frecuencia están completamente equivocados. Un algoritmo de mejora que puede localizar de forma fiable (y enmascarar) estas áreas de extremadamente mala calidad es muy útil para las etapas posteriores de detección de características y las etapas de individualización al prevenir que se creen características falsas o no confiables.

Las imágenes de huellas dactilares a veces pueden ser de mala calidad debido al ruido introducido durante el proceso de adquisición. Por ejemplo: un dedo puede estar sucio, una huella latente puede ser levantada desde una superficie difícil, el medio de adquisición (tarjeta de papel o liv-escan) puede estar sucio o el ruido puede introducirse durante la interacción del dedo con la superficie de detección (por ejemplo, como el deslizamiento u otro contacto inconsistente). Cuando se presenta una imagen de mala calidad, un experto forense usaría una lupa y trataría de descifrar las características de las huellas dactilares en presencia de ruido. Los algoritmos de mejora automática de imagen de huellas dactilares pueden optimizar significativamente la calidad de las crestas de las huellas dactilares en la imagen de las mismas y hacer la imagen más adecuada para su posterior procesamiento manual o automático. Los algoritmos de mejora de imagen no añaden ninguna información

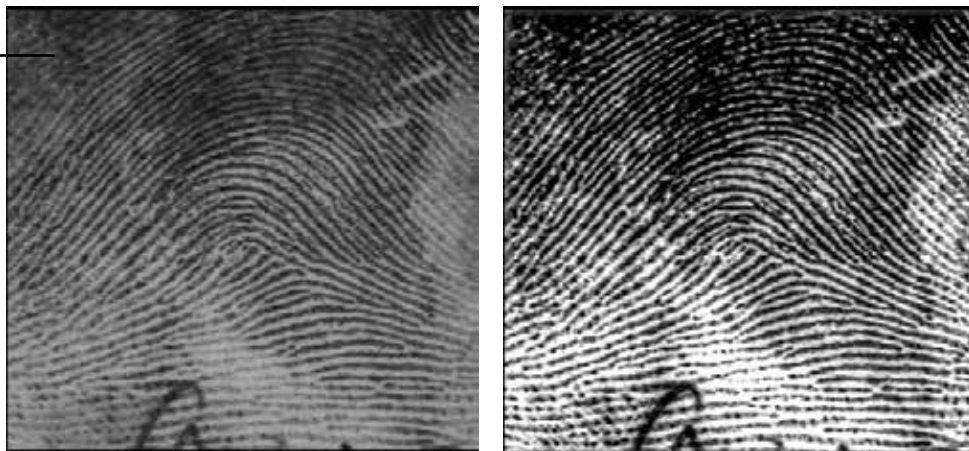
externa a la imagen de la huella. Los algoritmos de mejora utilizan sólo la información que ya está presente en la imagen de la huella. Los algoritmos de mejora pueden suprimir diferentes tipos de ruido (por ejemplo, otra huella latente, el color de fondo) en la imagen de la huella y poner en relieve las características útiles existentes. Estos algoritmos de mejora de imagen pueden ser de dos tipos.

6.4.3.1 Mejora de las impresiones latentes para la búsqueda de AFIS..

En el caso de búsquedas latentes en el AFIS forense, el algoritmo de mejora es interactivo, es decir, la retroalimentación en vivo sobre la mejora se proporciona al experto forense a través de una interfaz gráfica de usuario. A través de esta interfaz, el experto forense es capaz de utilizar varios algoritmos para elegir la región de interés en la imagen de la huella, recortar la imagen, invertir el color, ajustar la intensidad, voltear la imagen, ampliar la imagen, cambiar el tamaño de la ventana de la imagen y aplicar algoritmos de compresión y descompresión. El experto forense puede aplicar selectivamente muchos de los algoritmos de mejora disponibles (o seleccionar los parámetros del algoritmo), basado en la retroalimentación visual. Tales algoritmos pueden incluir la ecualización del histograma, cambio en la escala de intensidad de imagen, ajustes de intensidad de imagen con umbrales altos y bajos, aumento del contraste local o global, sustracción del fondo local o global, ajustes de nitidez (aplicando filtros de paso alto), supresión de fondo (filtro de paso bajo), ajustes de gamma, ajustes de brillo y contraste, y así sucesivamente. Un ejemplo de mejora del contraste de área local se muestra en la Figura 6-9. En este ejemplo, el algoritmo de mejora de imagen de la huella aumenta sólo una pequeña área local, cuadrada, de la imagen a la vez, pero atraviesa en toda la imagen de una forma de exploración de trama de tal manera que toda la imagen se mejora.

FIGURA 6-9

Un ejemplo de la mejora en el contraste de área local. El algoritmo mejora la imagen completa al optimizar un gran número de pequeñas áreas locales cuadradas.





La extracción de las características de huellas dactilares subsecuente entonces puede ser realizada ya sea de forma manual o por medio de algoritmos automáticos de extracción de características de huellas dactilares.

6.4.3.2 Mejora automática de las imágenes de huellas dactilares. En el caso de las aplicaciones a luz apagada (frecuentemente usadas en revisiones de antecedentes automatizadas y en aplicaciones comerciales para el control del acceso físico), la ayuda humana no sucede en el proceso de individualización de la huella dactilar. Los algoritmos

de mejora se usan en modo completamente automático para mejorar las estructuras de las crestas de las huellas dactilares en imágenes de baja calidad de las mismas.

Un ejemplo de un algoritmo de mejora totalmente automatizado de la imagen de huella dactilar se muestra en la figura 6-10. En este ejemplo, se utiliza el filtrado contextual que tiene un efecto de paso bajo (suavizado) a lo largo de las crestas en huellas dactilares y un efecto de paso de banda (diferenciación) en la dirección ortogonal a las crestas para aumentar el contraste entre éstas y los valles. A

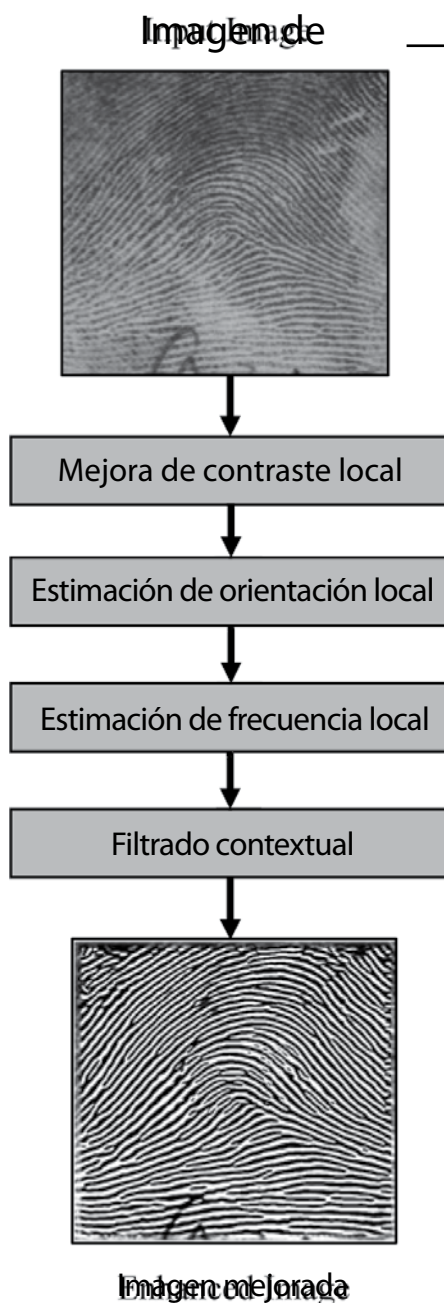


FIGURA 6-10

Etapas de un algoritmo de mejora de imagen de la huella dactilar basada en un filtrado contextual típico.

menudo, los filtros orientados al paso de banda se utilizan para tales filtrados. Uno de dichos tipos de filtros usados comúnmente se conoce como filtros de Gabor. El contexto local es proporcionado a tales filtros contextuales en términos de orientación local y la frecuencia de la cresta local.

6.4.4 Extracción de características

Las singularidades de la cresta de huellas dactilares locales, comúnmente conocidas como *puntos de minucia*, se han utilizado tradicionalmente por los expertos forenses como características discriminantes en imágenes de huellas dactilares. Las singularidades locales más comunes son las terminaciones de las crestas y las bifurcaciones de la cresta. Otros tipos de minucias mencionadas en la literatura, como el lago, isla, estímulo, cruce y así sucesivamente (con la excepción de puntos), son simplemente materiales compuestos de terminaciones de crestas y bifurcaciones. Las minucias compuestas, formadas por dos a cuatro puntos característicos se producen muy cerca unas de otras, también se han utilizado. En el proceso de impresión latente manual, un experto forense localizaría visualmente las minucias en una imagen de huella dactilar y señalaría su ubicación, la orientación de la cresta en la que reside y el tipo de minucias. Los algoritmos de extracción automática de características de las huellas dactilares fueron desarrollados para imitar la ubicación de las minucias realizada por expertos forenses. Sin embargo, la mayoría de los algoritmos de extracción automática de minucias de las huellas dactilares sólo consideran las terminaciones de las crestas y las bifurcaciones porque otros tipos de detalles de las crestas son muy difíciles de extraer automáticamente. Además, la mayoría de los algoritmos no diferencian entre las terminaciones de las crestas y las bifurcaciones, ya que pueden ser indistinguibles como resultado de las diferencias de presión del dedo durante la adquisición o de los artefactos introducidos durante la aplicación del algoritmo de mejora.

Un enfoque común seguido por los algoritmos de extracción de características de huellas dactilares es utilizar primero un algoritmo de binarización para convertir la imagen de la huella mejorada en escala de gris en forma binaria (blanco y negro), donde todos los píxeles negros corresponden a las crestas y los píxeles blancos corresponden a los valles. El algoritmo de binarización va desde un simple umbral de la imagen mejorada hacia algoritmos de localización de la cresta muy sofisticados. Después de eso, un algoritmo de adelgazamiento se utiliza para convertir la imagen de la huella binaria en un único ancho de píxel

sobre la línea central de la cresta. La idea central del proceso de adelgazamiento es realizar erosiones sucesivas (iterativas) de las capas exteriores de una forma hasta que se obtiene un conjunto de unidades de ancho conectado por líneas (o esqueletos). Existen varios algoritmos para el adelgazamiento. Los pasos adicionales en el algoritmo de adelgazamiento se utilizan para llenar los poros y eliminar el ruido que puede resultar en la detección de puntos minucia falsos.

A la imagen resultante del algoritmo de adelgazamiento se le llama imagen adelgazada o *imagen esquelética*. Un algoritmo de detección de minucias se aplica a esta imagen esquelética para localizar las coordenadas "x" y "y," así como la orientación (theta) de los puntos de minucias. En la imagen esquelética, por definición, todos los píxeles en una cresta tienen dos píxeles vecinos en la vecindad inmediata. Si un píxel tiene un solo píxel vecino, se determina que es una terminal de la cresta y si un píxel tiene tres píxeles vecinos, se determina que es una bifurcación de la cresta.

Cada uno de los algoritmos utilizados en la mejora de imagen de la huella y en la extracción de minucias tiene su propia limitación y resulta en un procesamiento imperfecto, especialmente cuando la imagen de la huella de entrada incluye ruido de la cresta de no fricción. Como resultado, muchas falsas minucias pueden ser detectadas por el algoritmo de detección de minucias. Para aliviar este problema, a menudo un algoritmo de post procesamiento de minucias se utiliza para confirmar o validar las minucias detectadas. Sólo aquellas minucias que pasan este algoritmo de post procesamiento se guardan y el resto se eliminan. Por ejemplo, si una longitud de la cresta que se extiende lejos del punto de minucias es suficiente o si la dirección de la cresta en el punto está dentro de los límites aceptables, las minucias se mantienen.

El post procesamiento puede incluir también una examinación de la calidad de la imagen local, detecciones vecinas u otros indicadores de estructura no relacionada con las huellas dactilares en el área. Más adelante, la imagen puede ser invertida en escala de grises, convirtiendo el blanco al negro y el negro al blanco. El reprocesamiento de esta imagen invertida debe dar paso a las terminaciones de minucias en lugar de las bifurcaciones y viceversa, permitiendo una revisión de validez en las minucias detectadas previamente. Las minucias detectadas al final son aquellas que cumplan todas las revisiones de validez. La Figura 6-11 muestra los pasos en un algoritmo típico de extracción de



características de la huella dactilar; las minucias extraídas se muestran unas sobre otras en la imagen de entrada para su visualización.

Cabe destacar que las etapas y algoritmos descritos en esta sección representan solo el algoritmo típico de extracción de características de la huella dactilar. Existe una amplia variedad de algoritmos de extracción de características de la huella dactilar y todas difieren unas de las otras, algunas veces en cómo se implementan en una cierta etapa y

otras veces en las etapas que utilizan y el orden en el cual las utilizan. Por ejemplo, algunos algoritmos de extracción de minucias no utilizan una etapa de post procesamiento. Algunas otras no utilizan una etapa de adelgazamiento de la cresta y el algoritmo de detección de minucias trabaja directamente sobre el resultado del algoritmo de ubicación de minucias. Algunas trabajan directamente sobre la imagen mejorada y algunas otras incluso trabajan directamente en la imagen natural de entrada. Pueden llegar a utilizarse etapas y algoritmos adicionales.

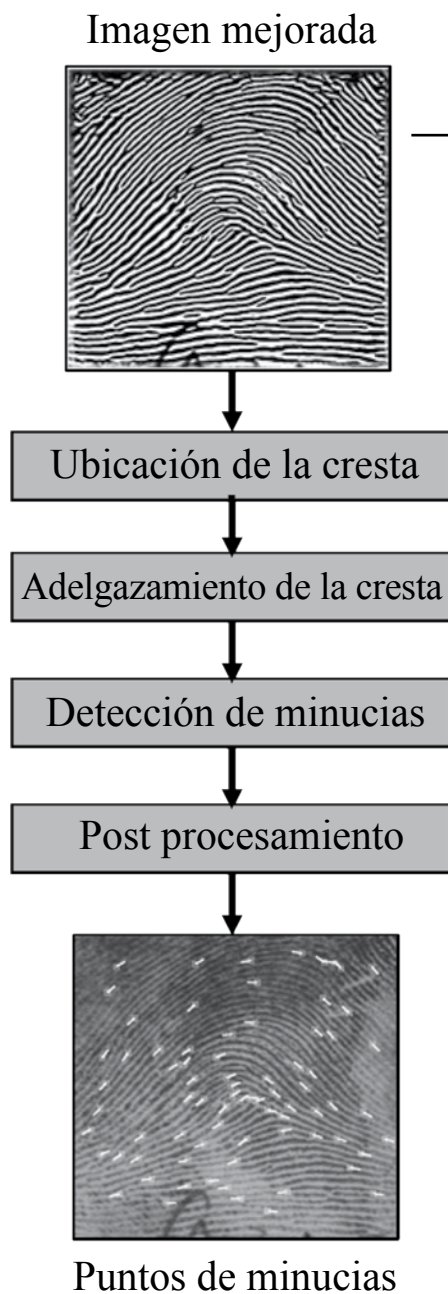


FIGURA 6-11

Etapas en un algoritmo típico de extracción de minucias de huella dactilar.

Muchas otras características pueden extraerse también aunadas a las minucias. Estas características adicionales a menudo proveen información útil que puede ser utilizada en las etapas de emparejamiento subsecuentes para mejorar la exactitud del emparejamiento de las huellas dactilares. Por ejemplo, la fiabilidad de las minucias, las cuentas de crestas entre las minucias, la fiabilidad de la cuenta de crestas, las ubicaciones del núcleo y delta, las medidas de calidad local y, que así sucesivamente, puedan ser extraídas. Estas características adicionales pueden ser útiles para alcanzar la selectividad añadida del proceso de emparejamiento de minucias. Su utilidad para este propósito puede medirse a través de la fiabilidad asociada con cada una de las características. Por lo tanto, es importante recolectar datos de fiabilidad como parte del mejoramiento de imagen y del proceso de extracción de características para que sea posible calificar las minucias detectadas y las características asociadas.

Los primeros algoritmos de extracción de características de las huellas dactilares fueron desarrollados para imitar la extracción de características por parte de los peritos forenses. Recientemente, ha emergido un número de algoritmos automáticos de extracción (y emparejamiento) de características de huellas dactilares que utilizan información que no está basada en minucias de las imágenes de huellas dactilares. Por ejemplo, los poros sudoríparos, que son muy minuciosos en los de detalles de las huellas dactilares, más pequeños que los puntos de minucias, se han extraído exitosamente a través de los algoritmos de imágenes de huellas dactilares de alta resolución. Otras características que no están basadas en minucias a menudo son características de bajo nivel (por ejemplo, las características de textura) que no tienen un significado de alto nivel, tales como la terminación de la cresta o la bifurcación. Estas características son muy apropiadas para la representación y emparejamiento en máquina y pueden utilizarse en lugar de las características de minucias. Con frecuencia, una combinación de características de minucias y otras que no están basadas en éstas pueden proveer la mejor exactitud en el sistema automático de individualización de huella dactilar. Los peritos forenses utilizan tales características finas implícitamente, junto con las características de las terminaciones normales de la cresta y las bifurcaciones, durante la examinación.

6.4.5 Emparejamiento

El emparejamiento de la huella dactilar puede definirse como el ejercicio de encontrar la similitud o disimilitud en

dos imágenes de huellas dactilares dadas. El emparejamiento de la huella dactilar puede visualizarse mejor tomando una copia de papel de una imagen de huella dactilar de archivo con sus minucias marcadas o superpuestas y una transparencia de una huella dactilar de búsqueda con sus minucias marcadas o superpuestas. Al colocar la transparencia de la impresión de búsqueda sobre la copia de papel de la huella dactilar de archivo y al trasladar y rotar la transparencia, se pueden localizar los puntos de minucias que son comunes en ambas impresiones. A partir del número de minucias comunes encontradas, su cercanía a coincidir, la calidad de las imágenes de la huella dactilar y cualquier información contradictoria de emparejamiento de minucias, es posible evaluar la similitud de los dos puntos. El emparejamiento manual de la huella dactilar es una tarea muy tediosa. Los algoritmos automáticos de emparejamiento de huellas dactilares trabajan en el resultado de los algoritmos de extracción de características de la huella dactilar y encuentran la similitud o disimilitud en dos conjuntos de minucias dadas. El emparejamiento automático de la huella dactilar puede realizar comparaciones de ésta a una velocidad de diez miles de veces cada segundo y los resultados pueden ser organizados de acuerdo al nivel de similitud y combinarse con cualquier otro criterio que pueda estar disponible para filtrar posteriormente los candidatos, todo sin la intervención humana.

Es importante destacar, sin embargo, que los algoritmos automáticos de emparejamiento de huella dactilar son significativamente menos exactos que un perito forense bien capacitado. Aun así, dependiendo de la aplicación y la calidad de imagen de la huella dactilar, los algoritmos automáticos de emparejamiento de huella dactilar pueden reducir significativamente el trabajo de los peritos forenses. Por ejemplo, en el caso del emparejamiento de las impresiones latentes donde solo una imagen de huella dactilar parcial, de muy baja calidad, está disponible para el emparejamiento, el algoritmo de emparejamiento puede no ser muy exacto. Aún, el algoritmo de emparejamiento puede generar una lista de candidatos coincidentes que sea mucho más pequeña que el tamaño de la base de datos; el perito forense entonces necesita emparejar solo manualmente un número mucho menor de huellas dactilares. En el caso del emparejamiento de impresiones latentes, donde la impresión latente es de buena calidad o en el caso del emparejamiento decadactilar a decadactilar en una aplicación de revisión de antecedentes, el emparejamiento es altamente exacto y requiere una involucración humana mínima.



Los algoritmos automáticos de emparejamiento de huella dactilar dan paso a resultados imperfectos debido al problema difícil impuesto por las variaciones dentro de las clases (variación en impresiones diferentes del mismo dedo) presentes en las huellas dactilares. Estas variaciones dentro de las clases surgen a partir de los siguientes factores que varían durante la adquisición diferente del mismo dedo: (1) desplazamiento, (2) rotación, (3) superposición parcial, (4) distorsión no lineal debido a la presión del dedo tridimensional elástico sobre una superficie de formación de imágenes de dos dimensiones rígidas, (5) presión, (6) condiciones de la piel, (7) ruido introducido por el entorno de imagen y (8) errores introducidos por los algoritmos automáticos de extracción de características.

Un algoritmo sólido de emparejamiento de huella dactilar debe ser capaz de tratar con todas estas variaciones dentro de la clase en las diversas impresiones del mismo dedo. Las variaciones en el desplazamiento, rotación y superposición parcial son típicamente tratadas al utilizar un algoritmo de alineación. El algoritmo de alineación debe ser capaz de alinear correctamente los dos conjuntos de minucias de las huellas dactilares de tal modo que las minucias correspondientes o emparejadas coincidan bien unas con las otras después de la alineación. Ciertos algoritmos de alineación también toman en cuenta la variabilidad causada por la distorsión no lineal. El algoritmo de alineación debe también ser capaz de tomar en consideración el hecho de que el algoritmo de extracción de características es imperfecto y pudo haber introducido puntos de minucias falsos y, al mismo tiempo, haber fallado al detectar algunos de los puntos de minucias genuinos. Existen muchos algoritmos de alineación de huella dactilar. Algunos pueden utilizar los puntos del núcleo y delta si es que son extraídos, para alinear las huellas dactilares. Otros utilizan algoritmos de emparejamiento de patrones tales como la transformada de Hough (una herramienta estándar en reconocimiento de patrones que permite el reconocimiento de patrones globales en el espacio característico por medio del reconocimiento de patrones locales en un espacio de parámetros transformado), relajación, soluciones de búsquedas algebraicas y operativas, "podada de árbol", minimización de energía y así sucesivamente, para alinear directamente los puntos de minucias. Otros utilizan emparejamiento de crestas adelgazadas o emparejamiento del campo de orientación para llevar a la alineación.

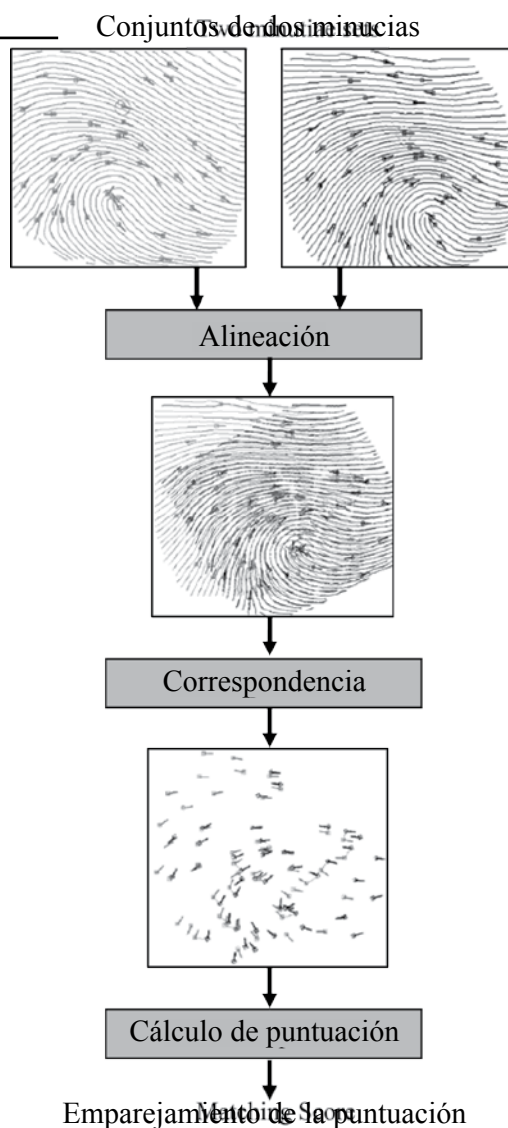
Una vez que se ha establecido la alineación, las minucias de las dos huellas dactilares no se superponen exactamente una en la otra debido a los errores residuales menores en el algoritmo de alineación y las distorsiones no lineales. La

próxima etapa en el algoritmo de emparejamiento de minucias de la huella dactilar, el cual establece que las minucias en los dos conjuntos son correspondientes y aquellas que no son correspondientes, se basa en el uso de algunas tolerancias en las ubicaciones de las minucias y la orientación para declarar una correspondencia. Debido al ruido que se ha introducido a causa de la condición de la piel, el ambiente de registro, el ambiente de la imagen y la imperfección de los algoritmos automáticos de extracción de características de la huella dactilar, el número de minucias correspondientes usualmente se sabe que es menor que el número total de minucias en cualquiera de los conjuntos de minucias en el área de superposición. Así que, finalmente, un algoritmo de cálculo de puntuación se utiliza para contar una puntuación de emparejamiento. El puntaje de emparejamiento esencialmente transmite la fiabilidad del algoritmo de emparejamiento de la huella dactilar y puede ser visto como una indicación de la probabilidad de que dos huellas dactilares provengan del mismo dedo. Mientras más alto sea el puntaje de emparejamiento, más posible será que las huellas dactilares sean acopladas (y, a la inversa, mientras el puntaje sea más bajo, menos posible será que exista una coincidencia). Existen muchos algoritmos de cálculo de puntuación que son utilizados. Varían desde los simples que cuentan el número de minucias coincidentes normalizadas por el número total de minucias en ambas huellas dactilares en el área de superposición, para verificar los algoritmos muy complejos basados en la teoría de la probabilidad o los basados en patrones estadísticos de clasificación de reconocimiento que toman en cuenta un número de características tales como el área de superposición, la calidad de las huellas dactilares, las distancias residuales entre las minucias coincidentes y así sucesivamente. La Figura 6-12 describe los pasos en un algoritmo típico de emparejamiento de huella dactilar.

Cabe destacar que las etapas y algoritmos descritos en esta sección representan solo un algoritmo típico de emparejamiento de minucias de la huella dactilar. Existen muchos algoritmos de este tipo y todos difieren unos de otros. Al igual que los varios algoritmos de extracción, los de emparejamiento utilizan diferentes implementaciones, diferentes etapas y diferentes órdenes de etapas. Por ejemplo, algunos algoritmos de emparejamiento de minucias no utilizan una etapa de alineación. Estos algoritmos en cambio intentan pre alinear las minucias de la huella dactilar para que la alineación no se requiera durante la etapa de emparejamiento. Otros algoritmos intentan evitar tanto la pre alineación como la alineación durante el

FIGURA 6-12

Etapas de un algoritmo típico de emparejamiento de minucias de la huella dactilar.



emparejamiento al definir un sistema coordinado intrínseco para las minucias de la huella dactilar. Algunos algoritmos de emparejamiento de minucias utilizan una alineación local, algunos utilizan una alineación global y algunos utilizan ambas. Finalmente, muchos de los nuevos algoritmos de emparejamiento son totalmente diferentes y están basados en características que no están basadas en minucias que fueron automáticamente extraídas del algoritmo de extracción de características de la huella dactilar, tales como los poros y las características de textura.

6.4.6 Indexación y recuperación

En la sección anterior, el problema del emparejamiento de la huella dactilar se definió al encontrar la similitud

en cualquier par de huellas dactilares dado. Hay muchas situaciones, tales como el control de acceso físico dentro de una ubicación o la afirmación de la propiedad de un documento legal (tal como la licencia de manejo), donde una sola coincidencia entre dos huellas dactilares bastará. Sin embargo, en la gran mayoría de las aplicaciones forenses y gubernamentales, tales como en la individualización de huella dactilar latente y las revisiones de antecedentes, se requiere que múltiples huellas dactilares (de hecho, más de 10 huellas dactilares de los 10 dedos de la misma persona) sean emparejadas contra un gran número de huellas dactilares presentes en una base de datos. En estas aplicaciones, una gran cantidad de búsquedas de huellas dactilares y emparejamiento se



necesitará realizar para una sola individualización. Esto consume mucho tiempo, incluso para los algoritmos automáticos de emparejamiento de huella dactilar. Así que se vuelve deseable (aunque no necesario) utilizar el indexado de huella dactilar automático y algoritmos de recuperación para hacer la búsqueda más fácil.

Tradicionalmente, tal indexación y recuperación se ha llevado a cabo de manera manual por parte de peritos forenses a través de la indexación de tarjetas de papel para huellas dactilares en archiveros que están basados en la información de clasificación del patrón de la huella dactilar al definirse por un sistema de clasificación de huellas dactilares particular.

Similar al desarrollo de los primeros algoritmos automáticos de extracción de características y emparejamiento de la huella dactilar, los algoritmos automáticos iniciales de indexación de la huella dactilar fueron desarrollados para imitar a los peritos forenses. Estos algoritmos se construyeron para clasificar las imágenes de huella dactilar en típicamente cinco clases (por ejemplo, la presilla izquierda, la presilla derecha, el verticilo, el arco y el arco en forma de carpa) basadas en las muchas características que se extraen automáticamente de las imágenes de huella dactilar. (Muchos algoritmos utilizaron solo cuatro clases debido a que los tipos de arco y de arco en forma de carpa son con frecuencia difíciles de distinguir.)

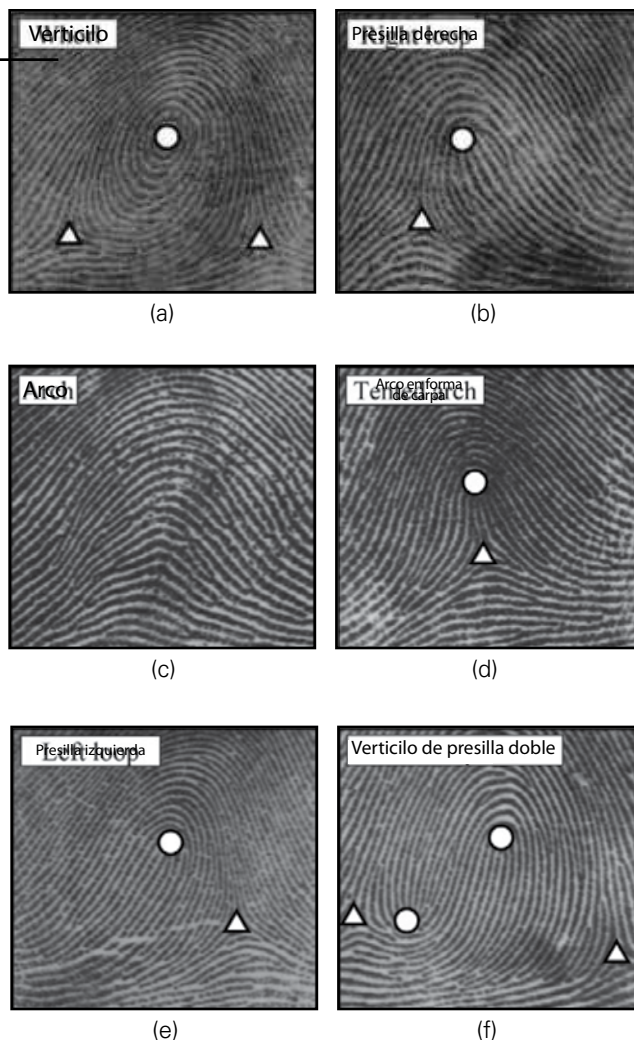
La clasificación de patrones de huellas dactilares puede determinarse mediante la caracterización explícita de las regiones de una huella dactilar tal y como sean pertenecientes a una forma particular o mediante la aplicación de uno de los muchos posibles clasificadores generalizados (por ejemplo, las redes neuronales), entrenados para reconocer los patrones específicos. Las formas singulares (por ejemplo, núcleos y deltas) de la imagen de una huella dactilar se detectan normalmente utilizando algoritmos basados en la imagen de orientación de huellas dactilares. Los sistemas explícitos de clasificación de huellas dactilares (basados en reglas) detectan primero las singularidades de las huellas dactilares (núcleos y deltas) y luego aplican un conjunto de reglas (por ejemplo, los arcos y los arcos en forma de carpa a menudo no tienen núcleos; las presillas tienen un núcleo y un delta; los verticilos tienen dos núcleos y dos deltas) para determinar el tipo de patrón de la imagen de la huella (Figura 6-13). Los sistemas de clasificación de huellas dactilares (por ejemplo, los basados en la red neural) generalizadamente más exitosos utilizan una combinación de varios clasificadores diferentes.

Tales algoritmos automáticos de clasificación de huellas dactilares se pueden utilizar para indexar todas las huellas dactilares en la base de datos en contenedores distintos (la mayoría de las implementaciones incluyen referencias de superposición o patrón) y las muestras presentadas se compararán entonces sólo con los registros de la base de datos con la misma clasificación (es decir, en el mismo recipiente). El uso de información del patrón de huella dactilar puede ser un medio eficaz para limitar el volumen de datos enviados al motor de búsqueda correspondiente, resultando en beneficios en el tiempo de respuesta del sistema. Sin embargo, los algoritmos automáticos de clasificación de huellas dactilares no son perfectos y resultan en errores en la clasificación. Estos errores de clasificación aumentan los errores en la individualización de huellas dactilares debido a que el esfuerzo de adaptación se llevará a cabo sólo en un recipiente equivocado. Dependiendo de la aplicación, puede ser factible confirmar manualmente la clase de huellas dactilares determinada automáticamente para algunas de las huellas dactilares en el que el algoritmo automático tiene poca fiabilidad. Aun así, la clasificación explícita de huellas dactilares en tan sólo unas pocas clases tiene sus limitaciones porque sólo se utilizan algunas clases (por ejemplo, cinco) y las huellas dactilares que se producen en la naturaleza no se distribuyen por igual en estas clases (por ejemplo, los arcos y arcos en forma de carpa son mucho más raros que las presillas y los verticilos).

Muchos de los nuevos algoritmos automáticos de clasificación de huellas dactilares no utilizan clases explícitas de huellas dactilares en distintas clasificaciones, sino más bien utilizan una clasificación continua de huellas que no es intuitiva para el procesamiento manual, pero es susceptible a los algoritmos de búsqueda automatizada. En la clasificación continua, las huellas dactilares están asociadas con vectores numéricos que resumen sus principales características. Estos vectores de características se crean a través de una transformación de semejanza de preservación, de manera que las huellas dactilares similares se asignan a puntos cercanos (vectores) en el espacio multidimensional. La recuperación se lleva a cabo haciendo coincidir la huella dactilar de entrada con las de la base de datos cuyos vectores correspondientes están cerca de la buscada. Las estructuras de datos espaciales se pueden utilizar para la indexación de grandes bases de datos. Un enfoque de clasificación continuo permite que el problema de la membresía exclusiva de las huellas dactilares ambiguas se evite y la eficiencia y precisión del sistema para ser equilibrada mediante el ajuste del tamaño de la vecindad considerada. La

FIGURA 6-13

Las seis clases de huella dactilar comúnmente utilizadas: (a) verticilo, (b) presilla derecha, (c) arco, (d) arco en forma de carpa, (e) presilla izquierda y (f) verticilo de presilla doble.



mayoría de las técnicas de clasificación continuas propuestas en la literatura utilizan la imagen de orientación como una función inicial, pero difieren en la transformación adoptada para crear los vectores finales y en la medida de distancia.

Algunos otros métodos de indexación continua se basan en las características de minucias de la huella dactilar utilizando técnicas tales como la función *hash* geométrica. Los algoritmos de indexación continua pueden construirse también utilizando características de la huella dactilar que no estén basadas en minucias, tales como las características de textura.

Elegir una técnica de indexación por separado por lo general no es suficiente; una estrategia de recuperación también se define usualmente de acuerdo a la aplicación de los requerimientos, tales como la exactitud y eficiencia deseada, el involucramiento de un revisor humano y así sucesivamente. En general, pueden definirse estrategias diferentes para el mismo mecanismo. Por ejemplo, la

búsqueda puede detenerse cuando una porción fija de la base de datos ha sido explorada o tan pronto como se encuentre una huella dactilar coincidente. (En la individualización de la huella dactilar latente, un perito forense examina las huellas dactilares que se consideran suficientemente similares por parte del emparejador de minucias y termina la búsqueda cuando una verdadera correspondencia se encuentra.) Si una técnica de clasificación exclusiva se utiliza para la indexación, las siguientes estrategias de recuperación pueden utilizarse:

- Única clase de hipótesis—Únicamente se recuperan las huellas dactilares que correspondan a la clase de la cual la huella dactilar de entrada haya sido asignada.
- Orden de búsqueda fija—La búsqueda continúa hasta que se encuentre una coincidencia o hasta que la base de datos completa se haya explorado. Si una correspondencia no se encuentra dentro de la clase de hipótesis, la búsqueda continuará en otra clase y así sucesivamente.



- Orden de búsqueda variable—Se consultan las diferentes clases de acuerdo a las similitudes de clase producidas por el clasificador para la huella dactilar de entrada. La búsqueda puede detenerse tan pronto se encuentre una coincidencia o cuando la similitud de la relación entre la clase actual y la próxima a consultarse sea menor que el umbral establecido.

Finalmente, muchas selecciones de diseño del nivel del sistema pueden utilizarse para hacer rápida la recuperación. Por ejemplo, la búsqueda puede esparcirse a través de varias computadoras y se pueden utilizar aceleradores de hardware de propósito especial para llevar a cabo un emparejamiento de huella dactilar rápido contra una base de datos grande.

6.4.7 Caracterización de exactitud

Aunque el emparejamiento manual de huella dactilar es una tarea muy tediosa, es probable que un perito forense bien capacitado no cometa errores de individualizaciones, especialmente cuando la calidad de imagen de la huella dactilar es razonable. Los algoritmos automáticos de huella dactilar, por otro lado, no son tan exactos como los peritos forenses y tienen dificultad lidiando con las muchas fuentes de ruido en las imágenes de huella dactilar. La exactitud de los algoritmos de la huella dactilar es crucial en el diseño de sistemas de huella dactilar para el uso en la vida real. El resultado del emparejamiento debe ser confiable porque muchas decisiones de la vida real se basarán en él. Los diseñadores de algoritmos usualmente adquieren o recolectan su propia base de datos de huellas dactilares y evalúan la exactitud de sus algoritmos de huella dactilar en esta base de datos. Al evaluar nuevos algoritmos, o cambios en el viejo algoritmo, o cambios en los parámetros del algoritmo en la misma base de datos, ellos pueden saber si el nuevo algoritmo o cambios mejoran la exactitud del algoritmo. Más adelante, los desarrolladores de algoritmos observarán de manera cercana los errores falsos positivos y falsos no concordantes hechos por parte de sus algoritmos y tendrán un mejor entendimiento de las fortalezas y limitantes de sus algoritmos. Al comparar los errores hechos por diferentes algoritmos o cambios, los diseñadores de algoritmos tratarán de entender si un cambio mejora los falsos positivos, falsos no concordantes, ambos o ninguno y por qué. Los diseñadores de algoritmos pueden salir con técnicas algorítmicas para abordar los errores restantes y mejorar la exactitud de los algoritmos. Es deseable tener una base de datos de huellas dactilares tan grande como sea posible comparada con una demografía

grande para que los algoritmos no se ajusten tanto a cierta variedad de huellas dactilares y la exactitud obtenida en el laboratorio se generalice bien en el campo. Las organizaciones públicas (por ejemplo, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, NIST *por sus siglas en inglés*) llevan a cabo pruebas periódicas de algoritmos de huella dactilar por parte de diferentes proveedores en una base de datos común para juzgar su exactitud relativa.

Existe una compensación entre las relaciones de errores falsos positivos y falsos no concordantes dentro del emparejamiento de huella dactilar. Las diferentes aplicaciones tienen diferentes requerimientos para estos dos tipos de errores. Curiosamente, los algoritmos de huella dactilar diferentes pueden trabajar de manera diferente, dependiendo de las relaciones de errores. Por ejemplo, el algoritmo A puede ser mejor que el algoritmo B en una relación falsa positiva baja, pero el algoritmo B puede ser mejor que el algoritmo A en una relación falsa no concordante. En tales casos, los diseñadores de algoritmos pueden elegir cierto algoritmo o parámetros específicos para utilizarse, dependiendo de la aplicación.

6.5 Resumen

La tecnología de huella dactilar ha recorrido un largo camino desde sus inicios, hace más de 100 años. Los primeros lectores de huellas primitivas *livescan* introducidos en 1988 eran bestias difíciles de manejar con tantos problemas en comparación con los elegantes, baratos y relativamente minúsculos sensores disponibles en la actualidad. Durante las últimas décadas, la investigación y el uso activo de comparación de huellas dactilares e indexación también han provocado avances en nuestra comprensión de la individualidad, la información de las huellas dactilares y las formas eficientes de procesar esta información. Los poderes adquisitivos cada vez más baratos de computación, los sensores de huellas dactilares menos costosos y la demanda de seguridad, eficiencia y conveniencia han conducido a la viabilidad de los algoritmos automáticos de huellas dactilares para el uso diario en un gran número de aplicaciones.

Hay una serie de retos que quedan por superar en el diseño de un sistema de individualización de huella dactilar totalmente automática y fiable, en especial cuando las imágenes de las huellas dactilares son de mala calidad. Aunque los sistemas automáticos han mejorado significativamente, el diseño de sistemas automatizados todavía no coincide con la toma de decisiones compleja de un perito en huellas dactilares, bien capacitado para tomar decisiones para que

coincidan las huellas dactilares individuales (especialmente las huellas latentes). Sin embargo, los sistemas de emparejamiento de huellas dactilares automáticas mantienen una promesa real para el desarrollo de soluciones fiables, rápidas, consistentes y de costos efectivos en una serie de aplicaciones tradicionales y emergentes.

La investigación en el reconocimiento automático de huellas dactilares ha sido sobre todo un ejercicio de imitar el comportamiento de un perito en huellas dactilares humano sin acceso a las muchas características ricas en información subyacentes que un experto es capaz de recoger mediante un examen visual. La falta de tal conjunto de características informativas en los sistemas automáticos es principalmente debido a la ausencia de disponibilidad de técnicas de modelización y de procesamiento de imágenes complejas que pueden extraer características detalladas en presencia de ruido de manera fiable y consistente. Tal vez, utilizar el enfoque manual de reconocimiento de huella dactilar basada en la intuición humana no pueda ser la base más adecuada para el diseño de sistemas automáticos de reconocimiento de huellas dactilares. Puede haber una necesidad de explorar radicalmente diferentes características ricas en información discriminativa, métodos robustos de comparación de huellas dactilares y métodos más ingeniosos para combinar la correspondencia de huellas dactilares y la clasificación que son susceptibles de automatización.

6.6 Revisores

Los revisores de este capítulo fueron Patti Blume, Christophe Champod, Wayne Eaton, Robert J. Garrett, Laura A. Hutchins, Peter D. Komarinski y Kasey Wertheim.

6.7 Referencias

AFIS Committee Report. International Association for Identification: Mendota Heights, MN, 1994.

AFIS Committee Report. *J. Forensic Ident.* 1998, 48 (4), 489–500.

American National Standards for Information Systems—Data Format for the Interchange of Fingerprint Information; ANSI/NIST-CSL 1-1993; National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 1993.

American National Standard for Information Systems—Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial & SMT (Scar, Mark, and Tattoo) Information; ANSI/NIST-ITL 1a-1997; National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 1997.

American National Standard for Information Systems—Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial, & Scar Mark & Tattoo (SMT); ANSI/NIST-ITL 1-2000, NIST Special Publication #500-245; National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2000.

American National Standards for Information Systems—Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial, & Other Biometric Information—Part 1 (Traditional Format); ANSI/NIST-ITL 1-2007, NIST Special Publication #500-271; National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2007. Available online at http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=51174.

American National Standards for Information Systems—Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial, & Other Biometric Information—Part 2 (XML Version); ANSI/NIST-ITL 2-2008, NIST Special Publication #500-275; National Institute of Standards and Technology, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2008. Available online at http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=890062.

Bruton, T. *Annual Report of the Crime Scene Investigations Unit*; San Francisco Police Department: San Francisco, CA, 1989.

Cole, S. *Suspect Identities*; Harvard University Press: Cambridge, MA, 2001.

FBI Request for Quotation No. 66-1, December 16, 1966.

Greenwood, P.W.; Chaiken, J. M.; Petersilia, J. *The Criminal Investigative Process* (Vols. 1–3); Technical Report R-1777-DOJ; RAND Corporation: Santa Monica, CA, 1975.

Grother, P.; McCabe, M.; et al. *MINEX: Performance and Interoperability of INCITS 378 Fingerprint Template*; NISTIR 7296; National Institute of Standards and Technology, March 21, 2006.

Hicklin, A.; Khanna, R. *The Role of Data Quality in Biometric Systems*; Mitretek Systems: Falls Church, VA, 2006.



Higgins, P. Standards for the Electronic Submission of Fingerprint Cards to the FBI. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (4), 409–418.

International Association for Identification. *AFIS Directory of Users*; IAI: Mendota Heights, MN, 1999.

Kiji, K. *AFIS 30-Year History*; NEC Internal Corporate Report; NEC Solutions: Tokyo, Japan, 2002.

Komarinski, P. *Automated Fingerprint Identification Systems*; Elsevier: New York, 2005.

Moore, R. T. Automatic Fingerprint Identification Systems. In *Advances in Fingerprint Technology*, 1st ed.; Lee, H. C.; Gaensslen, R. E., Eds.; Elsevier, NY, 1991; pp 163–191.

Moses, K. R. Consumer's Guide to Fingerprint Systems. *Ident. News* 1986, 36 (6), 5–7, 10.

National Institute for Standards and Technology. *MINEX: Performance and Interoperability of INCITS 378 Fingerprint Template (NISTIR 7296)*; March 6, 2005.

Petersilia, J. *The Collection and Processing of Physical Evidence*; WN-9062-DOJ; RAND Corporation: Santa Monica, CA, 1975.

Wayman, J. *Biometric Systems*. Springer: New York, 2004.

Wegstein, J. H. *A Computer Oriented Single-Fingerprint Identification System*; Technical Note 443; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1969a.

Wegstein, J. H. *A Semi-Automated Single Fingerprint Identification System*; Technical Note 481; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1969b.

Wegstein, J. H. *Automated Fingerprint Identification*; Technical Note 538; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1970.

Wegstein, J. H. *The M40 Fingerprint Matcher*; Technical Note 878; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1972a.

Wegstein, J. H. *Manual and Automated Fingerprint Registration*; NBS Technical Note 730; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1972b.

Wegstein, J. H. *An Automated Fingerprint Identification System*; NBS Special Publication 500-89; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1982.

Wegstein, J. H.; Rafferty, J. F. *The LX39 Latent Fingerprint Matcher*; Special Publication 500-36; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1978.

Wegstein, J. H.; Rafferty, J. F. The Automated Identification of Fingerprints. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; March of Dimes: Washington, DC, 1979.

Wegstein, J. H.; Rafferty, J. F.; Pencak, W. J. *Matching Fingerprints by Computer*; Technical Note 466; National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce: Washington, DC, 1968.

6.8 Información adicional

Asai, K.; Kato, Y.; Hoshino, Y.; Kiji, K. Automatic Fingerprint Identification; In *Proceedings of the SPIE, vol. 182—Imaging Applications for Automated Industrial Inspection and Assembly*, 1979; pág. 49–56.

Lee, H. C.; Gaensslen, R.E., Eds. *Advances in Fingerprint Technology*; 2nd ed.; CRC Press: Washington, D.C., 2001.

Millard, K. An Approach to the Automatic Retrieval of Latent Fingerprints; In *Proceedings of Carnahan Conference on Electronic Crime Countermeasures*, Lexington, KY, 1975; pág. 45–51.

Millard, K. Development on Automatic Fingerprint Recognition; In *Proceedings of the Carnahan Conference on Security Technology*, Zurich, Switzerland, 1983; pág. 173–178.

Prabhakar, S.; Jain, A.; Maltoni, D.; Maio, D. *Handbook of Fingerprint Recognition*; Springer-Verlag: New York, 2003.

Ratha, N.; Bolle, R., Eds. *Automated Fingerprint Recognition Systems*; Springer-Verlag: New York, 2004.

Roberts, D. F. Dermatoglyphics and Human Genetics. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Birth Defects Original Article Series; Wrotecki, W., Plato, C., Paul, N. W., Eds.; Alan R. Liss Inc.: New York, 1979; pág. 475–494.

Thiebault, R. Automatic Process for Automated Fingerprint Identification; In *Proceedings of the International Symposium on Automation of Population Register Systems*, 1967; pág. 207–226.

Thiebault, R. An Automatic Procedure for Identifying Fingerprints. *International Criminal Police Rev.* 1970, 25, 2–10.

Uchida, K. Fingerprint Identification. *NEC J. Advanced Technology* 2005, 2 (1), 19–27.

Wayman, J.; Jain, A.; Maltoni, D.; Maio, D., Eds. *Biometric Systems*, Springer-Verlag: New York, 2005.

CAPÍTULO



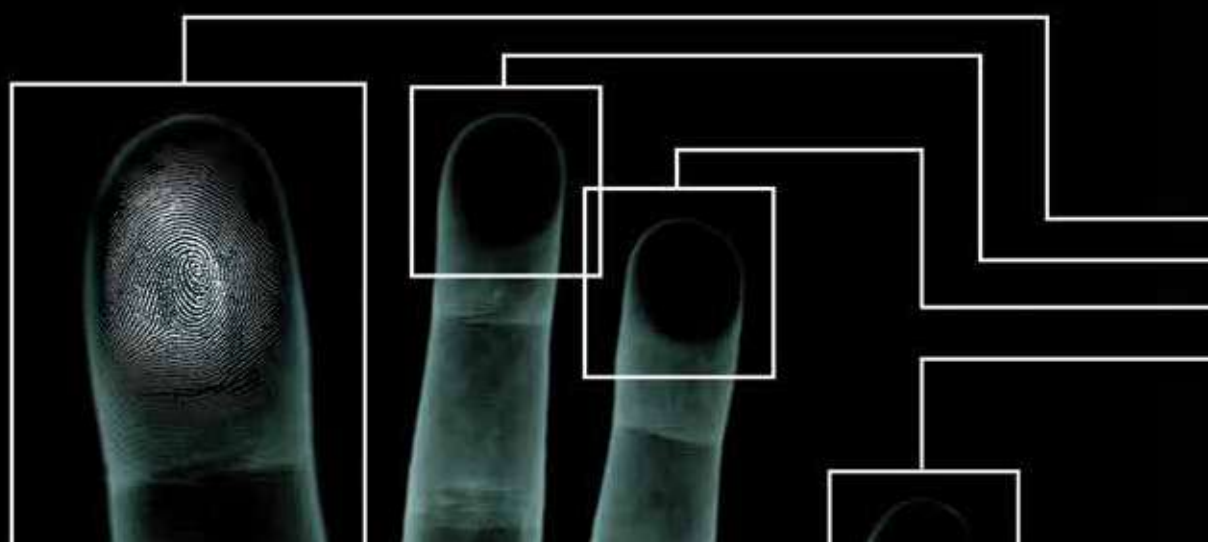
DESARROLLO DE LA IMPRESIÓN LATENTE

BRIAN YAMASHITA Y
MIKE FRENCH

AUTORES COLABORADORES:
STEPHEN BLEAY, ANTONIO CANTU,
VICI INLOW, ROBERT RAMOTOWSKI,
VAUGHN SEARS Y MELISSA WAKEFIELD

CONTENIDO

3	7.1 Introducción	31	7.10 Examinación de Fluorescencia
6	7.2 La Composición del Residuo de la Impresión Latente	36	7.11 Depósito de Metal al Vacío
12	7.3 Polvos de Impresión Latente	40	7.12 Técnicas de Mejoramiento de la Sangre
15	7.4 Ninhidrina y Análogos	46	7.13 Técnicas Acuosa
20	7.5 1,8-Diazafluoreno-9-uno (DFO)	57	7.14 Formulaciones para Soluciones Químicas
22	7.6 1,2-Indanediona	59	7.15 Revisores
23	7.7 5-Metiltioninhidrina (5-MTN)	60	7.16 Referencias
24	7.8 Modificaciones para el uso en Papeles Tratados Químicamente	71	7.17 Información Adicional
25	7.9 Extracción de Cianoacrilato		





CAPÍTULO 7

DESARROLLO DE LA IMPRESIÓN LATENTE

BRIAN YAMASHITA Y
MIKE FRENCH

AUTORES COLABORADORES:
STEPHEN BLEAY, ANTONIO CANTU,
VICI INLOW, ROBERT RAMOTOWSKI,
VAUGHN SEARS Y MELISSA WAKEFIELD

7.1 Introducción

El revelado de la huella dactilar latente puede lograrse con una amplia gama de procesos ópticos, físicos y químicos, la mayor parte evolucionados durante el siglo pasado. Debido a que algunas técnicas están a menudo íntimamente relacionadas y en continuo cambio, es imperativo que los involucrados en el laboratorio y el procesamiento del lugar de los hechos estén bien capacitados y hayan practicado bien (Trozzi et al, 2000, pág. 4-9; Kent, 1998).

Para los que participan en el lugar de los hechos y en el trabajo de laboratorio, la seguridad es primordial. Es importante seguir las prácticas de trabajo seguras al utilizar los procedimientos descritos en este capítulo. Esto se puede lograr mediante la observación de las advertencias del fabricante, la lectura de las hojas de datos de seguridad de materiales y la observación de las propias políticas institucionales de manejo de pruebas y desarrollo de huellas dactilares. También es importante para los que trabajan con materiales o equipos potencialmente peligrosos llevar el equipo de protección personal adecuado, como guantes, batas de laboratorio, gafas protectoras y respiradores; utilizar controles de ingeniería, tales como campanas de extracción; y practicar los procedimientos adecuados de laboratorio para reducir la exposición a agentes patógenos o sustancias químicas nocivas (Masters, 2002).

7.1.1 Tipos de Impresiones

Las huellas dactilares encontradas en el lugar de los hechos o reveladas en el laboratorio se clasifican por parte de algunos examinadores como visibles, latentes o impresiones negativas (Lee y Gaennslen, 2001, pág. 106), aunque los tres tipos se asocian habitualmente con el término *impresión latente*.

Una impresión visible es simplemente una impresión patente. Muchos de estos tipos de impresiones son totalmente perceptibles a simple vista y sólo se necesita algún

tipo de formación de imágenes para su conservación. Un buen ejemplo de una impresión visible sería una impresión grasienta en un cristal. Las impresiones visibles también pueden dejarse en sangre, pintura, tinta, barro o polvo. La iluminación es una consideración muy importante en la búsqueda de este tipo de huellas dactilares; una buena lámpara de mano o una fuente de luz forense son especialmente útiles en la búsqueda de impresiones visibles.

La palabra *latente* significa oculto o invisible. Las huellas latentes son indetectables hasta que se descubren con un proceso físico o químico diseñado para mejorar el residuo de la impresión latente. Muchos de estos procesos y técnicas se discuten en el resto de este capítulo.

Una impresión negativa se crea cuando el sustrato es lo suficientemente flexible en el momento de contacto para registrar los aspectos tridimensionales de la piel de fricción. Estas impresiones se forman cuando las crestas de fricción planteadas son empujadas físicamente en el sustrato, creando un molde de la estructura de las crestas de fricción en la piel. La arcilla, masilla, cera blanda, plástico derretido, grasa pesada y pintura pegajosa son todos sustratos conductivos a la formación y retención de impresiones negativas. Las impresiones negativas están generalmente fotografiadas bajo una iluminación oblicua que mejora el contraste de las crestas y surcos. Estas impresiones también se pueden conservar con materiales de fundición de tipo silicón.

7.1.2 Factores de Depósito

Los factores de depósito que influyen en la calidad, o incluso la presencia, de huellas latentes son las condiciones que rodean el contacto entre la piel de fricción y los objetos que se tocan. Estas condiciones se describen de la siguiente manera:

Las condiciones de *pre-transferencia* incluyen la condición o la salud de la piel de fricción del donante y la cantidad y tipo de residuos en la piel (Olsen, 1978, pág. 118-120). Estas condiciones se ven afectadas por la edad, el género, los estímulos, la ocupación, la enfermedad y las sustancias que el sujeto puede haber tocado antes del depósito.

Las condiciones de *transferencia* también dictan si se dejará una impresión adecuada (Olsen, 1978, pág. 117-122). Estas son las condiciones de la superficie (sustrato) que ha sido tocada, incluyendo la textura, el área de superficie,

curvatura de la superficie o forma, temperatura de la superficie, la condensación, los contaminantes y residuos en la superficie. La presión aplicada durante el contacto (presión de deposición), incluyendo la fuerza lateral, contribuye también a transferir condiciones.

Las condiciones de *post-transferencia*, también llamados factores ambientales, son las fuerzas que afectan la calidad de las impresiones latentes después del depósito (Olsen, 1978, pág. 121-122). Ejemplos de estos factores son el contacto físico de otra superficie, el agua, la humedad y la temperatura.

7.1.3 Tipos de Superficie

Identificar correctamente el tipo de superficie que se espera lleve una huella dactilar es un paso importante hacia un revelado exitoso. Las superficies están generalmente separadas en dos clases: porosas y no porosas. Se requiere esta separación para seleccionar la técnica adecuada o el reactivo y el orden secuencial adecuado para su procesamiento.

Los sustratos porosos son generalmente absorbentes e incluyen materiales como el papel, cartón, madera y otras formas de celulosa. Las huellas dactilares depositadas sobre estos medios se absorben en el sustrato y son algo duraderas. Las técnicas de aminoácidos son especialmente útiles aquí porque los aminoácidos tienden a permanecer estacionarios cuando se absorben y no migran (Almog, 2001, pág. 178).

Las superficies no porosas no absorben. Estas superficies repelen la humedad y con frecuencia aparecen pulidas. Estas incluyen vidrio, metal, plástico, madera lacada o pintada y caucho. Las impresiones latentes sobre estos sustratos son más susceptibles al daño debido a que el residuo de la huella dactilar permanece en la superficie más externa. El cianoacrilato (CA), las manchas de tinte, polvos y el depósito al vacío de metal suelen ser las mejores opciones para utilizarse en estas superficies.

Un tipo de sustrato que no encaja fácilmente en las dos primeras categorías, pero debe ser mencionado, es considerado semiporoso. Las superficies semiporosas se caracterizan por su naturaleza para resistir y absorber residuos de huellas dactilares. El residuo de huellas dactilares sobre estas superficies puede o no absorberse a causa de las propiedades absorbentes del sustrato y las propiedades viscosas variables del residuo de huellas dactilares. Estas



superficies incluyen el cartón satinado, portadas de revistas satinadas, algunas maderas con acabados y algunos celofanes. Las superficies semiporosas se deben tratar con procesos destinados a ambas superficies no porosas y porosas.

Los sustratos texturizados pueden ser porosos o no porosos y presentar el problema de contacto incompleto entre las crestas de fricción en la piel y la superficie a tocarse. (Un ejemplo podría ser el plástico en forma de piedras de algunos monitores de computadora.) Esto a menudo resulta en huellas dactilares discontinuas y carentes de detalle fino cuando se revelan. Además, estas superficies a menudo no responden bien a un cepillo convencional y al polvo. La acción de cepillado y la elevación de la cinta revelan típicamente la textura del sustrato, dejando huellas dactilares difíciles o imposibles de visualizar.

Diversas técnicas, tales como el uso de polvo muy fino o medios de elevación flexibles, se pueden utilizar para reducir los problemas causados por superficies texturizadas (Guerrero, 1992; Kelly et al., 2001, pág. 7-12; Knaap y ADACH, 2002, pág. 561-571).

7.1.4 Selección del Proceso

Los reactivos de huellas dactilares y las técnicas de revelado están generalmente destinados a ser utilizados en combinación y orden secuencial. Estos métodos son a menudo específicos a sustratos porosos o no porosos; sin embargo, algunas técnicas tienen aplicaciones universales. La desviación del orden recomendado podría hacer los procesos posteriores ineficaces. Consulte Trozzi et al. (2000), Kent (1998) y Champod et al. (2004, pág. 217-225) para ejemplos de directrices para la ordenación secuencial y a Champod et al. (2004, pág. 105-179) para una revisión reciente que incluye muchas técnicas de revelado de huellas dactilares. Los siguientes procedimientos generales son apropiados durante una búsqueda sistemática de pruebas de huellas dactilares latentes:

- Inspección visual con una luz brillante, una fuente de luz forense o láser
- El proceso de impresión latente secuencial
- Documentación de las impresiones reveladas en cada paso

Es importante tener en cuenta que no todos los procesos se utilizan invariablemente. Alguna discreción permanecerá

con los distintos organismos y profesionales, tanto en la escena del crimen como en el laboratorio. Los siguientes factores pueden influir en la elección de las técnicas de revelado, así como el nivel de los recursos utilizados en cualquier situación:

- Tipo de residuo de la huella latente sospechosa
- Tipo de sustrato
- Textura del sustrato
- Estado de sustrato (limpio, sucio, viscoso, pegajoso, grasoso, etc.)
- Las condiciones ambientales durante y después del depósito de la impresión latente
- Lapso de tiempo desde que la evidencia fue tocada
- Consecuencias de los métodos de procesamiento destructivos
- Exámenes forenses posteriores
- Ordenamiento secuencial de reactivos
- Gravedad del delito

7.1.5 Manejo de Evidencia

El manejo adecuado de evidencia comienza con el uso de látex, nitrilo, PVC u otros guantes adecuados. Algunos fabricantes de guantes o distribuidores de suministros de seguridad, mencionarán una lista de guantes recomendados para su uso con diversos productos químicos. El uso de guantes protege la evidencia de la contaminación y al usuario de la exposición a agentes patógenos o sustancias químicas peligrosas. Sin embargo, no garantiza que las huellas latentes serán preservadas porque incluso una mano enguantada puede destruir las huellas latentes frágiles en contacto. Esto es especialmente cierto en superficies no porosas donde la huella latente reside en la superficie extrema de las pruebas. Para evitar daños en las huellas dactilares en estas superficies, la evidencia debe ser manejada en zonas que normalmente no han sido expuestas al tacto o en superficies incapaces de producir huellas viables. También hay que señalar que el uso de guantes no impide la transferencia de detalles de la cresta de fricción del examinador a la exposición (Willinski, 1980, pág. 682-685; St-Amand, 1994, pág. 11-13; Hall, 1991, pág. 415-416).

7.1.6 Embalaje

El embalaje ayuda a garantizar la integridad de las pruebas manteniendo los contaminantes lejos, manteniendo evidencia de pistas intacta y ayudando a garantizar la cadena de custodia. Las cajas de cartón, bolsas de papel y bolsas de plástico son las formas más comunes de embalaje de pruebas. La mayoría de expertos recomiendan los envases de papel, ya que es transpirable y rentable, a pesar de las bolsas de plástico son también ampliamente utilizadas. Cualquier artículo que ha sido mojado se debe permitir que antes del envasado sea secado al aire, porque el exceso de humedad atrapado en cualquier paquete aumentará la probabilidad de crecimiento de hongos destructivos. La humedad también puede ser atrapada en bolsas de plástico cuando se reúnen pruebas en ambientes de alta humedad.

A los artículos de pruebas no porosas no se les debe permitir que se froten juntos. Las pruebas no porosas deben ser almacenadas por separado, aseguradas dentro de un paquete de tamaño adecuado de manera que se impida el desplazamiento y frotamiento. Bajo ninguna circunstancia se debe utilizar rellenos tales como papel picado, virutas de madera o cacahuets de embalaje dentro del paquete con la evidencia, ya que pueden limpiar fácilmente las huellas frágiles. (Sin embargo, pueden ser utilizadas fuera del contenedor de prueba, dentro del contenedor de correo.) La evidencia porosa se puede asegurarse en cajas, bolsas y sobres, y se puede almacenar junta porque las huellas latentes no son susceptibles a borrarse al contacto. Una vez que la evidencia está asegurada, el paquete se debe sellar con cinta de evidencia de manera que no haya puntos de entrada. La cinta debe ser firmada por la persona que asegura la evidencia y la información de identificación apropiada debe ser colocada en el paquete según lo especificado por la dependencia responsable de la recolección.

El resto de este capítulo pretende describir, con cierto detalle, la naturaleza de los residuos de impresión latente y las técnicas de revelado de huellas dactilares más utilizadas. Las técnicas experimentales y novedosas no han sido incluidas, ni los procesos considerados por los autores son redundantes, poco prácticos o excesivamente peligrosos. Sin embargo, la omisión de la referencia a una técnica particular no indica su falta de idoneidad como una técnica de desarrollo de huellas dactilares. Varias formulaciones para diversas soluciones químicas se han recolectado en la Sección 7.14.

7.2 La Composición del Residuo de Impresión Latente

7.2.1 Introducción

La composición del sudor que es depositado cuando la cresta de fricción en la piel hace contacto con una superficie es una mezcla compleja (Ramotowski, 2001, pág. 63-104; Bramble y Brennan, 2000, pág. 862-869). Estudios recientes han identificado cientos de compuestos presentes en el sudor humano (Bernier et al., 1999, pág. 1-7; Bernier et al., 2000, pág. 746-756). Un número considerable de estudios en la naturaleza del sudor se han llevado a cabo por parte de las comunidades de dermatología y de ciencia forense. En particular, un número de estudios han investigado cómo la composición química de estos residuos cambia con el tiempo, lo cual es un problema crítico para el examinador de huella dactilar. Aunque el conocimiento de la composición del sudor producido en las diferentes glándulas a lo largo del cuerpo es de interés y provee una base para propósitos de comparación, esta información no representa exactamente lo que está sucediendo realmente en la impresión depositada en el lugar de los hechos. Los estudios han mostrado que empiezan a ocurrir cambios significativos en la impresión latente casi inmediatamente después del depósito. Si la impresión latente llegara ser visualizada exitosamente, se necesita un entendimiento exhaustivo de estos cambios.

Esta sección comenzará con un muy breve vistazo de la anatomía de la piel, lo cual será necesario para obtener un mejor entendimiento de cómo los compuestos químicos en una impresión latente se secretan sobre la superficie de la cresta de fricción de la piel. Después, habrá una mirada detallada a la composición química de las secreciones de cada una de las glándulas responsables de contribuir al residuo de la impresión latente. Otra sección cubrirá cómo la composición de algunas de estas secreciones cambia a medida que el donante envejece. Finalmente, se resumirán estudios recientes que han investigado cómo el residuo de la impresión latente cambia con el tiempo.

7.2.2 Anatomía de la Piel

Este tema se cubre con más detalle en otra sección en este libro de referencia, por lo que el tratamiento aquí será muy breve. Los lectores serán dirigidos con Ramotowski (2001, pág. 63-104) para más detalles.



La piel es el órgano más grande del cuerpo humano (Odland, 1991). El área total de la piel en el cuerpo excede los 2 m²; aun así, en la mayoría de partes del cuerpo, el grosor no es de más de 2mm. La piel hace muchas funciones, incluyendo la regulación de la temperatura corporal, retención de humedad, protección contra organismos invasores (por ejemplo, virus, bacterias) y sensación. Se compone de dos capas primarias y distintas, epidermis y dermis.

La epidermis se compone de muchas capas distintas (Ramatowski, 2001, pág. 63-104; Odland, 1991). La capa situada justo por debajo de la dermis es el estrato germinativo (capa celular basal) y la capa superior es el estrato córneo (capa cornificada). Es este estrato, la eleidina se convierte en queratina, la cual es continuamente desplazada hacia la superficie de la epidermis, resultando en una necesidad constante de reponer la queratina que se ha perdido. Una célula que comienza en el estrato germinativo viaja típicamente a través del estrato corneo en aproximadamente 28 días.

La dermis se compone de una variedad de tejidos conectivos diferentes, incluyendo colágeno, fibras de elastina y un gel inter fibrilar compuesto de glucosamina-proteoglicanos, sales y agua (Odland, 1991). Esta capa también contiene las dos mayores glándulas sudoríparas y sebáceas

7.2.3 La producción de Sudor

Tres glándulas primarias contribuyen a la producción del sudor. Estas son las glándulas sudoríparas (ecrinas y apocrinas) y las glándulas sebáceas. Cada glándula contribuye a una única mezcla de compuestos químicos. Estos compuestos exudan desde los poros hacia las crestas de fricción o son transferidos a las crestas de fricción a través del tocamiento de un área (por ejemplo, la frente, el antebrazo, etc.).

La glándula ecrina es una de los dos tipos de glándulas sudoríparas presentes en el cuerpo. Algunos millones de estas glándulas están distribuidas a lo largo del cuerpo, más comúnmente en las palmas de las manos y en las plantas de los pies y algunas menos en el cuello y espalda (Anderson et al., 1998, pág. 1561). Estas glándulas producen una secreción que es mayormente agua pero contiene muchos compuestos en cantidades detectables (Brusilow y Gordes, 1968, pág. 513-517; Mitchell y Hamilton, 1949, pág. 360; Sato, 1979, pág. 52-131; Bayford, 1976, pág. 42-43; Olsen, 1972, pág. 4). La cantidad promedio de secreciones producidas durante un periodo típico de 24 horas varía entre los 700 y 900 gramos. El pH del sudor

ha reportado variaciones desde 7.2 (extraído directamente desde la glándula) hasta 5.0 (recuperado desde la superficie de la piel a un ritmo de sudor bajo), hasta entre 6.5 y 7.0 (recuperado desde la superficie de la piel a un ritmo de sudor alto) (Kaiser y Drack, 1974, pág. 261-265).

La glándula ecrina también secreta compuestos orgánicos. Los aminoácidos son de primaria importancia para el revelado del detalle de la cresta de impresión latente. La tabla 7-1 resume los valores promedio de abundancia de los aminoácidos listados (Hadorn et al., 1967, pág. 416-417; Hamilton, 1965, pág. 284-285; Gold y Skewes, 1965, pág. 1042-1045). La cerina es el aminoácido más abundante y por lo tanto todos los otros valores se normalizan al valor de 100 para este compuesto. Las proteínas también se encuentran en el sudor ecrino (Nakayashiki, 1990, pág. 25-31; Uyttendaele et al., 1977, pág. 261-266). Un estudio encontró presentes más de 400 componentes de polipéptido diferentes (Marshall, 1984, pág. 506-509).

Los lípidos también han sido detectados en el sudor ecrino. Hay un poco de dificultad en determinar exactamente las

Tabla 7-1

Abundancia relativa de aminoácidos en el sudor.

Amino Acid	Average Abundance
Cerina	100
Glycine	60
Ornitina-Lisina	45
Ornithine	41
Alanina	30
Aspartic acid	18
Treonina	15
Histidine	15
Valina	10
Leucine	9
Ácido glutámico	8
Isoleucine	7
Fenilalanina	6
Lysine	7.5
Tirosina	5

cantidades de estos compuestos presentes en las secreciones ecrinas porque el sudor generalmente se mezcla con compuestos sebáceos en la superficie de la piel. Sin embargo, un estudio reportó cantidades detectables tanto de ácidos grasos como de compuestos de esteroles (Boysen et al., 1984, pág. 1302-1307).

Otros compuestos variados, incluyendo fármacos, han sido encontrados en las secreciones ecrinas (Sato, 1979, pág. 52-131; Lobitz y Mason, 1948, pág. 908; Förström et al., 1975, pág. 156-157). Un estudio reportó la presencia de sulfonamidas, antipirina y aminopirina (Johnson y Maibach, 1971, pág. 182-188). Otro informó que se habían detectado L-dimetilanfetamina y su metabolito L metanfetamina (Vree et al., 1972, pág. 311-317). El etanol también se ha detectado en el sudor ecrino (Naitoh et al., 2000, pág. 2797-2801), lo que ha llevado a la sugerencia de utilizar el sudor como un medio para determinar de forma no invasiva la concentración de etanol en el suero de una persona (Hawthorne y Wojcik, 2006, pág. 65-71). El acetaminofén también ha sido reportado en el sudor de una persona un día después de tomar el medicamento (Mong et al., 1999).

La otra glándula sudorípara presente en la piel es la glándula apocrina. Estas glándulas sudoríparas están asociadas con el pelo grueso de las axilas y la zona púbica. Estas son más grandes que las glándulas ecrinas y secretan un fluido más espeso (Anderson et al., 1998, pág. 1561). El conducto de la glándula normalmente desemboca en un folículo piloso (arriba en donde estaría un conducto de la glándula sebácea) antes de que las secreciones alcancen la superficie de la piel (Robertshaw, 1991). Debido a que el contenido de la glándula apocrina a menudo se mezcla con las secreciones sebáceas antes de llegar a la superficie de la piel, es difícil obtener secreciones apocrinas no contaminadas, "puras" para su análisis. Uno de los pocos estudios publicados de las secreciones apocrinas las describió con un aspecto lechoso y declaró que se secaban como un sólido parecido al plástico, que es fluorescente y tiene un olor (Shelley, 1951, pág. 255). Los compuestos que habrían sido aislados a partir de las secreciones apocrinas incluyen proteínas, hidratos de carbono, colesterol, hierro (Knowles, 1978, pág. 713-721), C_{19} , sulfatos de esteroides y $\Delta 16$ -esteroides (Toth y Faredin, 1985, pág. 21-28; Labows et al., 1979, pág. 249-258).

Las glándulas sebáceas son órganos relativamente pequeños en forma de saco y se pueden encontrar en la capa de la dermis de la piel. Se encuentran en todo el cuerpo y se asocian con el pelo del cuerpo. Son especialmente

abundantes en el cuero cabelludo, la cara, el ano, la nariz, la boca y las partes externas de la oreja (Anderson et al., 1998, pág. 1,464). No se encuentran en las palmas de las manos o las plantas de los pies. Las secreciones de las glándulas sebáceas normalmente desembocan en un folículo de cabello antes de llegar a la superficie de la piel, aunque en algunas regiones llegan a la superficie de la piel directamente (por ejemplo, los labios). El propósito de las secreciones sebáceas parece ser la de ayudar a prevenir la evaporación del sudor (y así retener el calor corporal) y para lubricar el pelo y la piel circundante.

Los compuestos primarios presentes en las secreciones sebáceas son lípidos. La Tabla 7-2 enumera los valores de porcentaje aproximado para las diversas clases de lípidos presentes en las secreciones sebáceas, según lo informado por Goode y Morris (1983). Knowles (1978, pág. 713-721) informó intervalos de concentración similares.

Los ácidos grasos libres en el sebo se derivan principalmente de la hidrólisis de los triglicéridos y ésteres de cera. Alrededor de la mitad de los ácidos grasos son saturados, de cadena lineal con C_{16} y C_{14} siendo la más común (Green, 1984, pág. 114-117). Los ácidos grasos monoinsaturados comprenden aproximadamente el 48% de sebo y los ácidos poliinsaturados comprenden del 2-3% restante (Nicolaidis y Ansari, 1968, pág. 79-81). Los ácidos grasos de cadena ramificada también se reportaron (Green, 1984, pág. 114-117).

Los ésteres de cera comprenden aproximadamente el 20-25% de sebo. Estos compuestos contienen un ácido graso que ha sido esterificado con un alcohol graso. Un porcentaje significativo de estos compuestos ($\approx 27\%$) se ha informado que contiene ácidos grasos de cadena ramificada (Nicolaidis et al., 1972, pág. 506-517). Los ésteres

Tabla 7-2

Porcentaje aproximado de lípidos en secreciones sebáceas.

Lípido	Porcentaje
Glicéridos	33
Ácidos grasos	30
Ésteres de cera	22
Ésteres de colesterol	2
Colesterol	2
Escualeno	10



de esterol se cree que se producen secundariamente por ciertas cepas de bacterias (Puhvel, 1975, pág. 397-400). El escualeno, que comprende aproximadamente 10% de sebo, es un precursor importante para la producción de esteroides en el cuerpo (incluyendo los alcoholes esteroides, lanosterol y colesterol).

7.2.4 Variación en la Composición del Sebo Según la Edad del Donador

La composición de ácidos grasos libres en el sebo cambia dramáticamente con la edad del donador (Ramasastry et al., 1970, pág. 139-144). El porcentaje aproximado de ácidos grasos en los recién nacidos (aproximadamente a los 5 días de edad) se ha informado que es sólo alrededor del 1.5% de la composición global de sebo. Este valor se eleva dramáticamente aproximadamente del 20 a 23% en niños de corta edad (de 1 mes a 4 años de edad). El valor se estabiliza del 16-19% para los sujetos adolescentes y postadolescentes (hasta aproximadamente los 45 años de edad).

Los triglicéridos también varían significativamente. Se encontró que los recién nacidos tienen triglicéridos que constituyen aproximadamente el 52% de su sebo. Este valor se redujo al 38% en lactantes (de 1 mes a 2 años de edad). Posteriormente, el valor alcanzó el 50% en los niños pequeños (de los 2-4 años de edad) y luego, poco a poco se redujo hasta el 41% en sujetos postadolescentes.

En los recién nacidos, el 26.7% de sebo se compone de ésteres de cera. Este valor comenzó a disminuir en los lactantes (17.6%) y continuó hasta llegar a un mínimo de 6.9% en sujetos de edades comprendidas entre los 4 y 8 años. Los valores a continuación comenzaron a aumentar en los preadolescentes (17.8%) y siguieron aumentando hasta alcanzar un máximo del 25% en postadolescentes (hasta los 45 años de edad).

El valor de colesterol en el sebo tiende a alcanzar su punto máximo en preadolescentes (7.2%). Se informó que los recién nacidos tienen 2.5% de colesterol en su sebo, mientras los postadolescentes tuvieron los valores más bajos, del 1.4%. La composición de éster de colesterol tiende a variar de un modo impredecible. Un valor del 6.1% se informó en los recién nacidos, el cual aumentó hasta el 10.3% para los lactantes (de 1 mes a 2 años de edad). Este valor se redujo hasta el 8.9% para los niños pequeños (de 2 a 4 años de edad) y luego aumentó al 14.6% en niños de edades de 4-8 años. Este valor se redujo drásticamente hasta el 5.7% en los niños preadolescentes y siguió

disminuyendo hasta el 2.1% en sujetos postadolescentes (hasta los 45 años de edad).

Aunque la composición de escualeno cambia con la edad del donante, el rango no es muy significativo. La concentración de escualeno comienza al 9.9% para los recién nacidos y alcanza un bajo 6.2% en niños de entre 2-4 años de edad. La concentración entonces comienza lentamente a aumentar en los niños de 4-8 años de edad (7.7%) y alcanza su máximo a un valor del 12% en los postadolescentes.

7.2.5 Residuo de la Impresión Latente

Una impresión latente es una mezcla de algunas o todas las secreciones de los tres tipos de glándulas. La cantidad de material contenida en un depósito de impresión latente es bastante pequeña, típicamente menos de 10 μg y tiene un espesor medio de aproximadamente 0.1 μg (Scruton et al., 1975, pág. 714-723). La secreción de la impresión latente es un complejo de emulsificación de estos numerosos y diversos compuestos. Cuando se deposita sobre una superficie, casi el 99% de la impresión se compone de agua. A medida que esta agua comienza a evaporarse rápidamente desde el depósito, la impresión comienza a secarse. Este proceso comienza a alterar la capacidad de ciertos reactivos para visualizar la impresión. El polvo de las huellas dactilares, por ejemplo, no funcionará tan bien en una impresión latente reseca, pero otros procesos, como la ninhidrina y el revelador físico, han revelado impresiones por varios años (McDiarmid, 1992, pág. 21-24).

El residuo de la impresión latente se divide generalmente en dos categorías básicas, solubles en agua e insolubles en agua. La porción soluble en agua del depósito de impresión normalmente se compone de secreciones ecrinas como sales (por ejemplo, NaCl) y aminoácidos (por ejemplo, serina, glicina). Los productos químicos como la ninhidrina (que reacciona con los aminoácidos) y el nitrato de plata (que reacciona con cloruro de sodio) son reactivos eficaces para la visualización de esta porción soluble en agua del residuo. Sin embargo, una huella latente rica en ecrinas que se expone al agua más probable a no recuperarse con estos métodos. Es por ello que, antes de la introducción del revelador físico en la década de 1970, no existía un método fiable para la recuperación de las impresiones de documentos empapados en agua.

La porción insoluble en agua realmente se puede dividir en dos subcategorías. Una fracción de este residuo está compuesto de moléculas grandes, insolubles en agua (por

ejemplo, proteínas) y la otra fracción se compone principalmente de lípidos no polares (por ejemplo, ácidos grasos). Se piensa que los reactivos como reveladores físicos reaccionan con compuestos similares a la primera fracción y los reactivos como Oil Red O o Rojo Nilo reaccionan con lípidos a partir de la segunda fracción.

7.2.6 Envejecimiento del Residuo de la Impresión Latente

Varios laboratorios han examinado el estudio de los cambios en la composición de los residuos de impresiones latentes y han determinado que la composición de los residuos de impresión latente puede cambiar drásticamente con el tiempo. El trabajo fundamental de esta área se llevó a cabo durante las décadas de 1960 y 1970 por parte de la Oficina Central de la Rama de Investigación científica y Desarrollo del Reino Unido y el Establecimiento de Investigación Central (Bowman et al., 2003, pág. 2-3). Estudios adicionales se han llevado a cabo por parte de algunos de los laboratorios de la Oficina Central de Servicios de Ciencias Forenses y varios Departamentos de Laboratorios Nacionales de Energía.

7.2.7 Oficina Central de la Rama de Desarrollo Científico (Reino Unido)

La Oficina Central del Reino Unido patrocinó un número de esfuerzos de investigación, los cuales se llevaron a cabo por parte de dos grupos: la Rama de Investigación Científica y Desarrollo (también conocida como la Rama de Desarrollo Científico de la Policía (PSDB) y actualmente conocida como la Rama de Desarrollo Científico) y Establecimiento de Investigación Central. Un número de estudios llevados a cabo a mediados y finales de la década de 1960 buscó determinar la cantidad de ciertos compuestos inorgánicos (cloruros) (Cuthbertson, 1969) así como lípidos (Wilson and Drake, 1978) en el residuo de la impresión latente. Estos estudios no abordan los cambios en la composición con el tiempo. Sin embargo, un estudio monitoreó el cambio en cloruros, aminoácidos (como la leucina) y la concentración de urea en un depósito en el transcurso de 236 días (Knowles, 1978, pág. 713-721). Después de 236 días, la concentración de cloruro había pasado de $0.223 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ a $0.217 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. El contenido de aminoácido había cambiado a partir de $0.083 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ a $0.046 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ y el contenido de urea a partir de $0.083 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ a $0.028 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

La PSDB patrocinó recientemente un poco de trabajo en esta área (Fitzgerald, 2003). Un proyecto se inició en

febrero de 2002 entre la Universidad de Lincoln y la PSDB para examinar el análisis de la espectroscopia de cromatografía de gases-masas (GC-MS) de la composición de los residuos de impresión latente y cómo cambia con el tiempo.

7.2.8 Oficina Central de Servicios de Ciencias Forenses (Reino Unido)

La Oficina Central de Servicios de Ciencias Forenses de Reino Unido (FSS) también ha estado activa en el área de la química de la impresión latente. La FSS llevó a cabo un estudio preliminar en conjunto con la Universidad de Lausanne en 1999 (Jacquat, 1999). Este estudio comparó el envejecimiento de las impresiones expuestas a la luz y la oscuridad en el período de 1 mes. Los seis picos más abundantes que se encuentran en el residuo fueron ácido oleico, ácido palmítico, colesterol, escualeno y dos ésteres de cera. Los datos se recogieron a partir de cuatro donantes en el momento del depósito ($t = 0$), después de 2 semanas y finalmente después de 4 semanas. El ácido palmítico en una impresión mantenida en la oscuridad y el escualeno en una impresión mantenida a la luz mostraron una disminución significativa en las primeras 2 semanas y luego se estabilizaron. El colesterol y ácido oleico mostraron una disminución regular en impresiones almacenadas en la oscuridad. No se detectaron otras tendencias observables para los otros compuestos.

Un estudio reciente financiado por el Grupo de Trabajo de Apoyo Técnico (TSWG), un grupo de trabajo interinstitucional que financia proyectos relacionados con la lucha contra el terrorismo, observó los cambios en el contenido de lípidos de una impresión a través del tiempo y en diferentes condiciones ambientales (Jones et al., 2001a). El estudio de la FSS utiliza metil-N trimetilsililtrifluoroacetamida como un agente derivativo. Las muestras fueron analizadas en los intervalos seleccionados y almacenadas en cualquiera de las condiciones de luz o de oscuridad a 25°C y una humedad relativa del 20%. Se observaron varias tendencias generales. El escualeno se encontró degradándose bastante rápido y rara vez se detectó en impresiones más viejas. En algunos casos, ciertas concentraciones de ácidos grasos aumentaron inicialmente antes de que tendieran a disminuir con el tiempo. Esto pudo haber sido debido a la ruptura de los ésteres de cera, lo que pudo haber contribuido con ácidos grasos al residuo antes de que los compuestos comenzaran a romperse. Se observaron tendencias similares para



las muestras almacenadas en la oscuridad; sin embargo, las disminuciones fueron menos rápidas que para las muestras almacenadas en la luz. La FSS actualmente continúa investigando este tema con una beca de investigación emitida por el Consejo de Investigación de Ciencias Físicas e Ingeniería del Reino Unido.

Otro esfuerzo realizado por la FSS implicó el uso de sistemas de microfluidos para el análisis químico de los residuos de impresión latentes (Valussi, 2003). El objetivo de este trabajo fue desarrollar un dispositivo de microfluidos, basado en electroforesis capilar (CE), que permita el muestreo, preconcentración y el análisis de residuos de impresión latentes. El micro-TAS (sistema analítico total, TAS, por sus siglas en inglés) propuesto utiliza la tecnología del microchip para permitir separaciones ultrarrápidas y de alta eficacia. El análisis incluyó la colocación de una impresión directamente en un chip de CE revestido con gel. Un voltaje aplicado causó que los componentes polares del residuo migraran en el chip. Después de la preconcentración, el residuo se separó y después se analizó. El proyecto demostró que el método de chip CE es capaz de separar ciertos componentes del residuo de impresión latente; sin embargo, serán necesarios refinamientos adicionales para separar compuestos específicos (o grupos de compuestos de interés).

7.2.9 Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste

El Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste (Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) realizó una serie de experimentos de envejecimiento para impresiones latentes depositadas sobre papel filtro de fibra de vidrio (Mong et al., 1999). Este esfuerzo financiado por el TSWG R&D se realizó durante los últimos años de la década de 1990. Los resultados obtenidos en los experimentos de envejecimiento salieron en general como se esperaba. La mayoría de los lípidos insaturados (por ejemplo, el escualeno y los ácidos grasos tales como los ácidos oleicos y palmitoleicos) disminuyeron significativamente durante el período de estudio de 30 días. Los compuestos saturados (por ejemplo, los ácidos palmítico y esteárico) se mantuvieron esencialmente estables durante el mismo período de 30 días. En general, a medida que la impresión de muestra envejeció, hubo una tendencia a formar más productos de bajo peso molecular de degradación (por ejemplo, ácidos octanoico y nonanoico) a través del tiempo. Se planteó la hipótesis de que estos compuestos de bajo peso molecular se descompondrían más adelante o se evaporarían.

7.2.10 Centro Técnico de Savannah River

El Centro Técnico de Savannah River (Savannah River Technical Center, SRTC), en un proyecto financiado conjuntamente por el Departamento de Energía y el TSWG, también estudió cómo los residuos de impresión latente cambian con el tiempo (Walter, 1999). Este estudio se centró en los cambios que se producen cuando los lípidos en la impresión comienzan a envejecer. El objetivo final fue determinar si alguno de los productos de degradación sería adecuado para la visualización mediante reactivos químicos. Un número limitado de condiciones (por ejemplo, la exposición a rayos UV, las condiciones de interior y al aire libre, la adición de un catalizador) también fueron evaluadas como parte de este estudio.

Se encontró que los productos de degradación principales para los lípidos estudiados por el SRTC son una clase de compuestos conocidos como hidroperóxidos. La mezcla estándar utilizada en este experimento consistió en una combinación de colesterol, triglicéridos, ácidos grasos, ésteres de cera, ésteres de colesterol y un catalizador, protoporfirina IX dimetil éster (aproximadamente el 0.01 % de la mezcla total). A continuación, esta mezcla se expuso a las diversas condiciones ambientales. Al igual que con el estudio del PNNL, el SRTC encontró que los compuestos insaturados se agotaron rápidamente de las muestras, incluso los almacenados en condiciones oscuras relativamente frías. Un experimento que observó el envejecimiento del escualeno en un portaobjetos de vidrio encontró que después de 1 mes de exposición a condiciones de laboratorio ambiente, el 10% de la muestra se había convertido en hidroperóxidos. El SRTC iba a perseguir métodos de quimioluminiscencia para la visualización de estos hidroperóxidos. Sin embargo, debido a que los hidroperóxidos en sí son algo inestables, no se sabe cuánto tiempo estos compuestos permanecen en los residuos de impresión añejos y si los compuestos adicionales que se encuentran en impresiones reales podrían acelerar su descomposición.

7.2.11 Conclusión

La química de los residuos de impresión latente es muy compleja; sin embargo, sus características físicas y propiedades se deben a algo más que a los cientos (o potencialmente miles) de compuestos químicos que componen el residuo. Estos compuestos forman una matriz tridimensional compleja, una emulsión de agua y compuestos orgánicos e inorgánicos. La interacción de

todos estos diferentes compuestos, ya que están expuestos a una variedad de condiciones ambientales durante un período de tiempo, puede producir cambios dramáticos en las propiedades físicas de la impresión latente. Estos cambios pueden explicar por qué algunos reactivos, como polvos y humos de yodo, tienden a trabajar en las impresiones relativamente frescas, mientras que un reactivo como desarrollador físico es sabido que revela impresiones con décadas de antigüedad.

Es sólo mediante la obtención de una mejor comprensión de la composición química de los residuos de impresión latente y cómo cambia con el tiempo que podemos hacer mejoras en los reactivos existentes y nuevos compuestos de diseño para condiciones o superficies especiales. Estos datos también ayudarán a comprender mejor cómo los reactivos de revelado de la impresión latente funcionan realmente (así como a lo que en realidad reaccionan con en el residuo). Sólo entonces podremos desarrollar un enfoque metódico para el diseño de reactivos que producirá nuevas técnicas útiles en el futuro para la visualización de los residuos de huellas latentes.

7.3 Polvos de Impresión Latente

7.3.1 Antecedentes

La visualización de la impresión latente con polvo o “espolvoreo,” consiste en la aplicación de partículas finamente divididas que se adhieren físicamente a los componentes acuosos y oleosos en los residuos de impresión latente sobre superficies no porosas (Sodhi y Kaur, 2001, pág. 172-176). Esta técnica es uno de los métodos más antiguos y comunes de detección de huellas latentes, con una de las primeras referencias que datan de 1891 (Forgeot, 1891, pág. 387-404). Los primeros practicantes utilizaron una variedad de ingredientes disponibles localmente para hacer sus propios polvos, incluyendo carbón, polvo de plomo, ceniza de cigarro (Moenssens, 1971, pág. 106-107), polvo de “azul de lavado,” hierro en polvo, hollín (Rayo Polvo Inc., 2002, pág. 2-3) y talco (Olsen, 1978, pág. 212-214).

7.3.2 Teoría

Quitar el polvo de huellas dactilares es relativamente simple y se basa en la adherencia de polvo al residuo de la impresión latente para proporcionar una buena visibilidad y definición de los detalles de las huellas dactilares. El polvo de impresión latente tiene una afinidad por la humedad y

preferentemente se aferra al residuo depositado por las crestas de fricción en la piel. Es bien aceptado que la atracción mecánica entre estas partículas y la humedad y componentes oleosos en una impresión provoca la adhesión, siendo la absorción un factor (Olsen, 1978, pág. 212-214; Lee y Gaensslen, 2001, pág. 108-109). El tamaño, forma, área de superficie relativa (Olsen, 1978, pág. 212-214) y la carga (Menzel, 1999, pág. 143) de la partícula también parecen desempeñar papeles.

La mayoría de los polvos comerciales se basan en al menos dos elementos esenciales para proporcionar adhesión a los residuos de impresión latente sin “pintar” el sustrato. Estos elementos se denominan pigmento y aglutinante. El pigmento en polvo de huellas dactilares brinda visualización efectiva, ofreciendo contraste y definición contra la superficie de fondo. El aglutinante (también referido como el portador en algunas aplicaciones) ofrece la adhesión máxima y preferencial al residuo de impresión latente (Menzel, 1999, pág. 143). Algunos polvos de pigmentos ofrecen suficiente adherencia para ser utilizados de forma individual. La pintura del fondo se produce cuando una cantidad indeseable de polvo se adhiere al sustrato, así como a la huella latente, lo que dificulta la detección.

La visualización se producirá a través de la luz reflejada (polveros de luz), luz absorbida (polveros oscuros) y luminiscencia (polveros fluorescentes). A veces, los polvos se combinan para la eficacia en luz y sustratos oscuros. Este es el caso del polvo bicromático, que utiliza polvo de aluminio altamente reflectante mezclado con polvo negro para lograr la visualización en ambas superficies claras y oscuras. Una desventaja de la mezcla de diferentes tipos de partículas de pigmento es que las impresiones extremadamente débiles, con pocas partículas adheridas a la impresión, pueden sufrir al tener sólo una fracción del pigmento necesaria para la visualización. Este problema se puede superar mediante el etiquetado de un solo tipo de partícula de pigmento con una mancha de colorante fluorescente, creando así una partícula con doble uso en lugar de la combinación de diferentes tipos de partículas.

Los fabricantes comerciales de polvo tienden a etiquetar los polvos por color: negro, blanco, plata, gris y así sucesivamente, en lugar de etiquetar los ingredientes. Las partículas que sirven como buenos polvos de huellas dactilares incluyen el negro de carbono (carbono coloidal), negro de humo, talco, caolín, aluminio, escamas de metal y dolomita (Lee y Gaensslen, 2001, pág. 108-109), entre



otros. Los buenos aglutinantes incluyen polvo de hierro (Lee y Gaennslen, 2001, pág. 108-109), licopodio, almidón de maíz, colofonia y goma árabe (Menzel, 1999, pág. 143).

Uno de los polvos más comunes de huellas latentes, conocido por su versatilidad y eficacia, es el negro de carbono. Cuando se mezcla con un portador, este polvo trabaja en una amplia gama de superficies y causa poca pintura de sustrato (Cowger, 1983, pág. 79-80). Las mezclas de negro de carbono producen una imagen oscura (gris-negra) que puede ser visualizada en varias superficies de color. Este tipo de polvo también se mostrará en superficies de color negro brillante, que aparece a la inversa del color claro (Cowger, 1983, pág. 79-80). Curiosamente, el polvo de huellas dactilares negro también se puede preparar o “etiquetar” con una mancha de tinte fluorescente (Thornton, 1978, pág. 536-538), dándole así el doble propósito como técnica foto luminiscente.

Otros polvos de impresión latente eficaces y ampliamente utilizados son los polvos de hojuelas metálicas hechas de aluminio, zinc, cobre, latón, acero inoxidable, hierro, cobalto y níquel. Algunos datos indican que los polvos de hojuelas son más sensibles que los polvos que no están hechos de hojuelas (Kent, 1998). Sin embargo, los polvos de hojuelas también a veces tienden a “pintar” el sustrato más de lo que las partículas que no están hechas de hojuelas lo hacen.

Los polvos de hojuelas son fabricados con partículas metálicas esféricas molidas como hojuelas que van de 1 a 50 μm de diámetro (James et al., 1991, pág. 1368-1375). El área de superficie aumentada de la hojuela con respecto al peso de la partícula contribuye a la adhesión de este polvo. Parece que el polvo de hojuela comercialmente disponible con un diámetro medio de 10 μm y un espesor medio de 0.5 μm es óptimo para el revelado de la impresión latente. También es importante señalar que la adición de ácido esteárico, destinado a influir en la morfología de la hojuela durante la molienda, aumenta el valor de la adherencia de los copos también (James et al., 1990, pág. 247-252). El polvo de hojuelas de aluminio que se lavó de su contenido de ácido esteárico dio como resultado un revelado pobre de huellas dactilares, mientras que las hojuelas de aluminio producidas con aproximadamente el 10 por ciento en peso de ácido esteárico dieron buenos resultados (James et al., 1991, pág. 1368-1375). Otro estudio indicó que una serie de metales en hojuelas produjo resultados óptimos con el 3-5% en peso de los niveles de ácido esteárico (James et al., 1993, pág. 391-401).

7.3.3 Aplicación

Todas las advertencias del fabricante, incluidas las de las fichas de datos de seguridad de materiales, deben ser observadas cuando se utiliza polvo de huellas dactilares. Aunque los proveedores comerciales de polvo de huellas latente han descontinuado el uso de ingredientes peligrosos conocidos como el plomo, el mercurio y el cadmio, se recomienda encarecidamente que el experto use una máscara para polvo o trabajar en una mesa de aspiración como precauciones mínimas durante el uso de cualquier tipo de polvo.

Los polvos se aplican típicamente a superficies no porosas con un cepillo suave. La pulverización no se recomienda para superficies porosas o altamente absorbentes tales como el papel sin recubrir o la madera en bruto porque otros tratamientos químicos superan en su acción al polvo en estas superficies. La suavidad de las cerdas es particularmente importante para evitar daños a los residuos de impresión latente frágiles. Las huellas latentes con un alto contenido de humedad o aceite se dañan fácilmente con un cepillo demasiado rígido o si se utiliza con demasiada fuerza. Los cepillos convencionales se hacen típicamente con pelo animal, filamentos de fibra de vidrio o, a veces, plumas. Aunque los cepillos de huellas dactilares se toman en gran medida por sentado estos días, un estudio de los cepillos se ha llevado a cabo (Bandey, 2004).

Los polvos aplicados con un cepillo de filamentos tradicionales consisten en partículas muy finas y suelen ser de baja densidad o “suaves” por naturaleza. Esto permite que las partículas sean fácilmente recogidas o “cargadas” en los filamentos del cepillo. La baja densidad de este polvo también permite que se vuelva fácilmente aerotransportada durante el proceso de formación de polvo, haciendo una máscara anti polvo o respiratoria necesaria en la escena del crimen.

Es importante mantener las escobillas limpias, secas y relativamente libres de enredos. Para aplicar el polvo de huellas dactilares con un cepillo convencional, las puntas de los filamentos se sumergen ligeramente en un recipiente de boca ancha estéril que contiene una pequeña cantidad de polvo. Esto se llama “carga” del cepillo. El exceso de polvo a continuación se agita, se gira o extrae del cepillo. El polvo se aplica entonces de manera uniforme a todas las áreas del sustrato.

Un área de la superficie (o un sustrato de naturaleza similar) debe ser evaluado antes de procesar completamente el artículo. Esto se hace para determinar la cantidad óptima de polvo que será utilizado en ese sustrato y evitar que se pinte el fondo. El cepillado se realiza con luz e incluso con trazos que asemejan la pintura. Es importante siempre para comenzar ligeramente espolvorear y construir lentamente las aplicaciones más pesadas para minimizar el daño de las huellas dactilares.

Cuando aparecen las huellas latentes, pueden ser ligeramente cepilladas añadiendo polvo y posteriormente cepillando el exceso de polvo de distancia. Esto se hace en la dirección de la trayectoria de las crestas para evitar daños a la impresión.

Otro tipo de polvo, denominado polvo magnético o magna, permite la aplicación con una barra imantada que no tiene cerdas. Este tipo de polvo puede ser ligero, oscuro o fluorescente y utiliza las propiedades ferromagnéticas del hierro en polvo mezcladas con pigmentos en polvo. El aplicador imantado (cepillo magna) se sumerge en el polvo, recogiendo una bola de la mezcla de hierro y partículas, esencialmente formando su propio cepillo (Figura 7-1). Esta bola sirve como un vehículo eficaz para las partículas de pigmento y se pasa hacia atrás y adelante sobre el sustrato para revelar las impresiones latentes.

Es importante tener en cuenta que la bola de polvo magnético formado con un cepillo magna es mucho más suave que los cepillos de filamentos convencionales y típicamente causa menos daño a las huellas latentes frágiles (MacDonell, 1961, pág. 7-15). Los polvos magnéticos suelen ser

menos eficaces en sustratos ferromagnéticos tales como el acero o níquel y por lo tanto no se recomiendan en estos sustratos. La atracción magnética puede provocar el contacto entre el aplicador y el sustrato, dañando las huellas latentes en el proceso. Además, las partículas magnetizadas de polvo se adhieren al sustrato y resisten la remoción.

Hay dos maneras de registrar o conservar una impresión en polvo. El método más común y simple es el levantado. Para levantar una impresión, se coloca cinta transparente de buena calidad sobre la superficie que lleva una impresión en polvo. El tamaño común de la cinta para el levantamiento de huellas dactilares es de 1.5-2 pulgadas de ancho. Mientras se está aplicando, la cinta se frota para quitar las burbujas de aire y para asegurar una buena adherencia a las huellas latentes. Se retira y se pone en una tarjeta base que contraste con el color del polvo. Probablemente el levantamiento más común es la de polvo de huellas dactilares negro colocado en una tarjeta base blanca. Otros medios adhesivos de levantamiento son los levantadores de bisagra, donde el cuadro adhesivo está unido a la tarjeta base por medio de una bisagra; los levantadores de gel adhesivo opaco, por lo general de color negro o blanco; y materiales de tipo silicón que se extienden sobre la superficie y se dejan endurecer con un medio flexible de goma antes de levantarse. Se debe tener cuidado durante el proceso de comparación al señalar que las técnicas de levantamiento causan que la impresión aparezca invertida.

Si la impresión se va a fotografiar *in situ*, la importancia del color del polvo aumenta. Documentar de esta manera las

FIGURA 7-1

Aplicador magnético.





impresiones en polvo requiere la combinación de la selección apropiada de polvo y la iluminación fotográfica que producirá un amplio contraste contra el sustrato.

Otro tipo de polvo que produce excelentes resultados en una amplia variedad de superficies es el polvo fluorescente. El polvo fluorescente se basa en el principio de luminiscencia para proporcionar un contraste entre la huella dactilar y el fondo. Los polvos fluorescentes son típicamente creados por medio de la adición de un colorante láser en la solución a un aglutinante y permitiendo que la mezcla se evapore (Menzel, 1999, pág. 62-65). La masa seca resultante se muele en polvo de impresión latente.

La pulverización fluorescente es muy sensible cuando se utiliza con una buena fuente de luz forense y los filtros de barrera adecuados. En teoría, el polvo de huellas dactilares luminiscente debe ser más sensible que los métodos convencionales (Menzel, 1999, pág. 4-7). Es importante probar la cinta y las tarjetas de levantamiento utilizadas con polvos fluorescentes para cualquier fluorescencia inherente ya que la fluorescencia causada por el medio de levantamiento interferirá con la calidad de la impresión.

Otro uso del polvo de huellas dactilares, o de los componentes de éste, es en una suspensión, para uso en superficies mojadas o en cintas adhesivas. El reactivo convencional de pequeñas partículas, para el revelado de las huellas dactilares en superficies mojadas y no porosas, utiliza disulfuro de molibdeno en suspensión, pero otros reactivos se han desarrollado (Frank y Almog, 1993, pág. 240-244). Una suspensión similar, el polvo pegajoso de un lado (Burns, 1994, pág. 133-138), es utilizado para revelar impresiones del lado adhesivo de la cinta, también se ha reformulado utilizando polvo de huellas dactilares (Bratton et al, 1996, pág. 28; Wade, 2002, pág. 551-559).

Por último, una palabra de precaución puede estar a la orden. Aunque el uso del polvo de huellas dactilares es rápido y barato, han surgido preocupaciones recientemente en relación a la posibilidad de contaminación debido a la transferencia de ADN mediante el uso de cepillos de huellas dactilares (van Oorschot et al., 2005, pág. 1417-1422). Los examinadores del lugar de los hechos están siendo advertidos a ser conscientes de esta posibilidad.

7.4 Ninhidrina y Análogos

7.4.1 Historia de la Ninhidrina

La ninhidrina fue descrita por primera vez en 1910 cuando Siegfried Ruhemann preparó erróneamente el compuesto (Ruhemann, 1910a, pág. 1438-1449). Ruhemann observó que el nuevo compuesto reaccionó con la piel y los aminoácidos para originar un producto de color púrpura (Ruhemann, 1910b, pág. 2025-2031) y publicó una serie de documentos que detallan ésta y otras reacciones (Ruhemann, 1911a, pág. 792-800; 1911b, pág. 1306-1310; 1911c, pág. 1486-1492). Propuso una estructura para el producto de color intenso (Ruhemann, 1911c, pág. 1486-1492), hoy conocida como *púrpura de Ruhemann* y comentó sobre la posible aplicación de la reacción a la detección de rastros de aminoácidos y productos de proteína en muestras biológicas (Ruhemann, 1911, pág. 792-800).

Tras el descubrimiento de Ruhemann, la ninhidrina encontró un amplio uso en aplicaciones de química y bioquímica analíticas. Ya en 1913, la reacción con aminoácidos era una prueba de diagnóstico importante para la presencia de compuestos de proteínas y amina en muestras biológicas (Crown, 1969, pág. 258-264; Friedman y Williams, 1974, pág. 267-280). Con el advenimiento de la cromatografía, la reacción se hizo aún más útil para la localización de los aminoácidos en los cromatogramas de papel o en fracciones producidas por cromatografía líquida (Crown, 1969, pág. 258-264; Smith y Agiza, 1951, pág. 623-627).

El púrpura de Ruhemann y otros subproductos de la reacción de ninhidrina y aminoácidos también se utilizaron para medir cuantitativamente el contenido de aminoácidos de las muestras (Yemm et al, 1955, 209-214; Smith y Agiza, 1951, pág. 623-627). El reactivo era tan potente y versátil que algunos autores sugirieron que era la reacción más utilizada en los laboratorios analíticos (Friedman y Williams, 1974, pág. 267-280).

Este uso de ninhidrina fue frecuentemente acompañado de advertencias para evitar el contacto entre la piel desnuda y cualquier superficie que entre en contacto con el reactivo (Crown, 1969, pág. 258-264). Esto fue debido a la fuerte reacción entre la ninhidrina y el sudor, lo que provocaría la aparición de huellas dactilares en los cromatogramas (Crown, 1969, pág. 258-264; Oden y Von

Hofsten, 1954, pág. 449-450). A pesar de estas advertencias, que indican claramente la capacidad de la ninhidrina para revelar las huellas dactilares, el reactivo no se aplicó en un contexto forense hasta 1954 (Oden y von Hofsten, 1954, pág. 449-450).

A raíz de este informe inicial, la ninhidrina rápidamente se convirtió en una herramienta indispensable en la detección de huellas dactilares latentes, con el uso generalizado entre los ordenamientos jurídicos, siendo documentado ya en 1959 (Speaks, 1964, pág. 11-13, 23). La técnica se encuentra ahora entre los métodos más populares para la detección de huellas dactilares en el papel y otros sustratos porosos (Champod et al., 2004, pág. 114-136). Este método tiene limitaciones; sin embargo, los químicos han abordado estas limitaciones a través de la síntesis de análogos de compuestos estructuralmente relacionados con ninhidrina que exhiben reacciones similares con aminoácidos para mejorar la claridad de la huella dactilar revelada (Almog, 2001, pág. 177-209). Varios de estos análogos fueron altamente exitosos (por ejemplo, 1,8-Diazafluoreno-9-uno [DFO], 1,2-Indanodiona y 5-Metiltioninhidrina), aunque ninguno de ellos ha sido capaz de reemplazar completamente a la ninhidrina como la técnica más frecuentemente utilizada (Almog, 2001, pág. 177-209).

7.4.2 Teoría

7.4.2.1 Detección de huella dactilar por medio de reactivos aminoácidos. Algunas huellas dactilares son creadas por medio del depósito de sudor de los dedos cuando entran en contacto con una superficie. Este sudor se compone principalmente de componentes acuosos, que comprenden el 98% del volumen de una huella dactilar (Pounds y Jones, 1983, pág. 180-183). Estos depósitos acuosos contienen una pequeña, pero detectable, cantidad de aminoácidos, con un promedio de 250 ng por cada huella dactilar (Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417). Después de que el agua se evapora de la superficie, los aminoácidos permanecen como material sólido (Knowles, 1978, pág. 713-720).

Para las superficies porosas tales como papel, los aminoácidos son objetivos deseables para los reactivos de revelado de la huella dactilar (Almog, 2001, pág. 177-209). Aunque las variables incontrolables (tales como la cantidad total de sudor depositado por el dedo, la concentración de aminoácidos de las excreciones del individuo y la edad de la huella dactilar) influyen en la cantidad de aminoácidos transferidos al papel (Everse y Menzel, 1986, pág. 446-454), los aminoácidos están siempre presentes en la transpiración en una

cierta cantidad (Speaks, 1970, pág. 14-17). En contacto con el papel, estos aminoácidos impregnan la superficie del papel, donde son retenidos por su alta afinidad por la celulosa (Champod et al, 2004, pág. 114; Almog, 2001, pág. 177-209; Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417).

Debido a esta afinidad, los aminoácidos no migran significativamente de sus sitios iniciales de depósito; sin embargo, la cantidad de aminoácidos retenida en la huella dactilar disminuye gradualmente con el tiempo (Knowles, 1978, pág. 713-720). Además, los aminoácidos reaccionan con una amplia variedad de productos químicos para producir compuestos coloreados (Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417). Estas cualidades han sido explotadas para producir imágenes claras y nítidas de huellas dactilares que tenían hasta 40 años (Champod et al., 2004, pág. 114).

Al menos 14 aminoácidos pueden estar presentes en los residuos de huellas dactilares (Knowles, 1978, pág. 713-720; Hier et al, 1946, pág. 327-333). Para producir la huella dactilar más desarrollada, el reactivo ideal debe ser no específico para un aminoácido particular (es decir, reaccionar bien con todos).

La ninhidrina es uno de muchos productos químicos que actúa como un reactivo de aminoácido no específico y es, por lo tanto, muy adecuado para el revelado de la huella dactilar (Champod et al, 2004, pág. 114; Almog, 2001, pág. 177-209).

7.4.2.2 Propiedades de la ninhidrina. La ninhidrina es un sólido cristalino que va de incoloro a color amarillo pálido y es altamente soluble en disolventes polares tales como agua y metanol (McCaldin, 1960, pág. 39-51). Cuando se calienta, el sólido se convierte de rosa a rojo en aproximadamente 125°C (Almog, 2001, pág. 177-209), se funde de 130-140°C y se descompone a 241°C. El compuesto se encuentra en forma de hidrato estable en la presencia de cualquier agua, pero asumirá una estructura tricetona en condiciones anhidras (Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417). Este equilibrio se ilustra en la Figura 7-2.

7.4.2.3 Reacción de ninhidrina con aminoácidos. La primera observación de la reacción de la ninhidrina con la piel para formar un compuesto de color morado oscuro se informó en 1910 (Ruhemann, 1910a, pág. 1438-1449). Estudios posteriores indicaron que el color púrpura resultante de la reacción entre ninhidrina y aminoácidos, y describieron el producto de esta reacción como dicetohidrinilideno-dicetohidrinamina (Ruhemann, 1910b, pág. 2025-2031; 1911a, pág. 792-800; 1911c, pág. 1486-1492) y que ahora se conoce como púrpura de Ruhemann. Los subproductos



de esta reacción incluyen un derivado de aldehído del aminoácido y dióxido de carbono (Friedman y Williams, 1974, pág. 267-280; Yemm et al, 1955, pág. 209-214).

Múltiples intentos se han hecho para determinar el mecanismo de esta reacción (Friedman y Williams, 1974, pág. 267-280; Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417; McCaldin, 1960, pág. 39-51; Retinger, 1917, pág. 1059 -1,066; Bottom et al, 1978, pág. 4-5; Grigg et al, 1986, pág. 421-422; Grigg et al, 1989, pág. 3.849-3.862; Joullié et al, 1991, pág. 8791 a 8830; Schertz et al., 2001, pág. 7.596-7.603). El mecanismo más aceptado hoy en día es el propuesto por Grigg et al. (1989, pág. 3849-3862) y brevemente se ilustra en la Figura 7-3. El ácido y el agua son otros reactivos requeridos para esta reacción se produzca.

Estudios estructurales del producto de reacción han confirmado que la estructura del producto original de Ruhemann era correcta y que la reacción con aminoácidos produce la sal de amonio del púrpura de Ruhemann (Ruhemann, 1911c, pág. 1486-1492; Grigg et al, 1986, pág. 421-422.; 1989, pág. 3849-3862).

Esta reacción es compleja y requiere un conjunto perfectamente ajustado de condiciones con el fin de progresar a un ritmo razonable. El pH de la reacción debe estar por encima de 4 (Friedman y Williams, 1974, pág. 267-280; Bottom et al, 1978, pág. 4-5.) e idealmente debe estar entre 4.5 y 5.2 (Grigg et al, 1989, pág. 3.849 a 3862). El revelado en un ambiente de alta humedad es de suma importancia (Champod et al, 2004, pág. 116-117; Almog, 2001, pág.

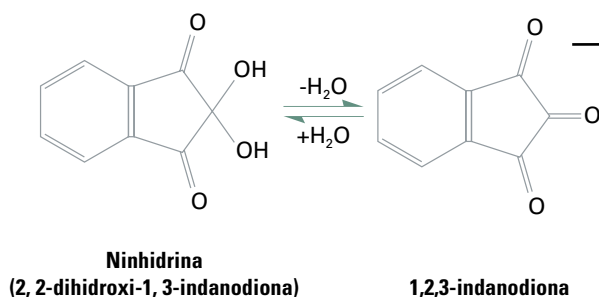


FIGURA 7-2

Equilibrio entre las estructuras hidratadas y anhidras de ninhidrina.

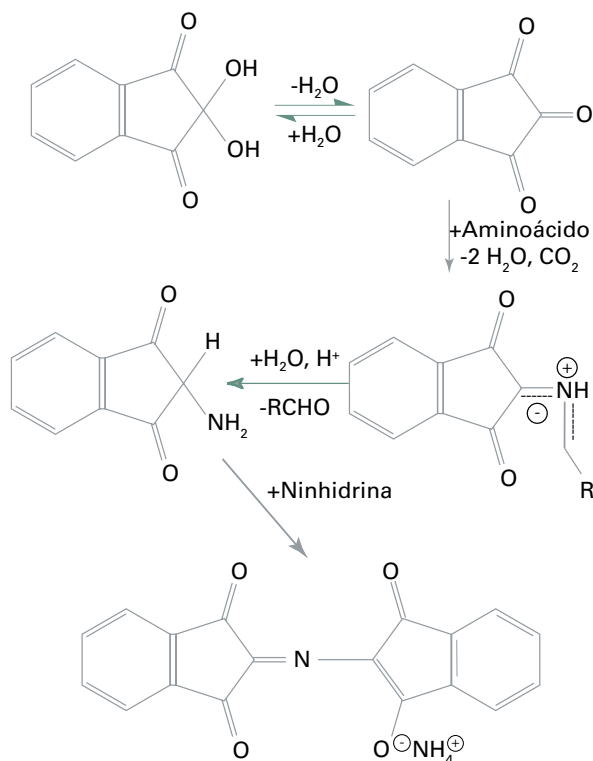


FIGURA 7-3

Mecanismo de reacción aceptado de ninhidrina con aminoácidos.

177-209) porque el agua es un reactivo necesario. Finalmente, debido a que se sabe que el púrpura de Ruhemann se degrada en presencia de luz y oxígeno, la huella dactilar tratada debe almacenarse en un lugar oscuro y fresco (Friedman y Williams, 1974, pág. 267-280; Joullié et al, 1991, pág. 8791-8830). Las huellas dactilares tratadas con ninhidrina son de color púrpura y presentan un excelente contraste y claridad de detalle (Champod et al, 2004, pág. 117; Almog, 2001, pág. 177-209).

7.4.2.4 Mejora óptica de huellas dactilares reveladas con ninhidrina. El tratamiento con ninhidrina ofrece un excelente contraste en condiciones ideales (por ejemplo, en huellas dactilares frescas sobre papel blanco). Sobre papel de color o con huellas dactilares viejas; sin embargo, los resultados pueden a menudo ser inferiores al óptimo (Crown, 1969, pág. 258-264; Everse y Menzel, 1986, pág. 446-454; Speak, 1970, pág. 14-17; Grigg et al., 1989, pág. 3849 a 3862; German, 1981, pág. 3-4; Herod y Menzel, 1982a, pág. 200-204; Lennard et al, 1986, pág. 323-328).

Varios métodos han sido desarrollados para aumentar el contraste entre las huellas dactilares reveladas con ninhidrina y un sustrato de color o para mejorar las huellas dactilares débilmente reveladas. El espectro de luz UV a visible del púrpura de Ruhemann muestra dos máximos de absorción-longitudes de onda de la luz que están fuertemente absorbidos por el compuesto. Estos máximos, que se encuentran en $\lambda = 407 \text{ nm}$ y $\lambda = 582 \text{ nm}$ (Lennard et al., 1986, pág. 323-328), se pueden utilizar para aumentar el contraste entre la huella dactilar revelada y un fondo no absorbente. Cuando los láseres se hicieron disponibles para la comunidad forense a finales de la década de 1970 y principios de la de 1980, un tratamiento con cloruro de zinc se describió para la mejora de las impresiones de ninhidrina débiles mediante el uso de la luz de un láser de iones de argón (German, 1981, pág. 3-4; Herodes y Menzel, 1982a, pág. 200-204). Este método era capaz de aumentar drásticamente el número de huellas dactilares latentes identificables reveladas por el proceso de ninhidrina. Con la ubicuidad actual de fuentes de luz forenses, ambas bandas de absorción del púrpura de Ruhemann pueden ser explotadas para producir huellas dactilares de alto contraste (Champod et al., 2004, pág. 117).

7.4.2.5 Post-tratamiento con sales metálicas. Se utilizó la reacción entre el púrpura de Ruhemann y sales de metales tales como zinc, cadmio, cobalto y cobre en un contexto bioquímico para preservar los puntos de ninhidrina en

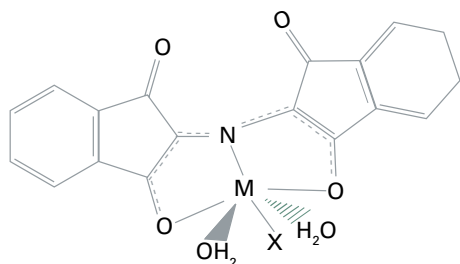
cromatogramas (Kawerau y Wieland, 1951, pág. 77-78). La formación de un complejo de metal-sal altera el color del púrpura de Ruhemann de un color violeta oscuro a rojo o naranja, dependiendo de la sal que se utilice (Stoilovic et al., 1986, pág. 432-445). El tono más claro puede proporcionar un mayor contraste contra un fondo de color oscuro, especialmente cuando se observa a 490-510 nm, en donde el metal complejo del púrpura de Ruhemann tiene un máximo de absorción (Stoilovic et al., 1986, pág. 432-445).

Se ha informado que el análisis de las huellas dactilares con ninhidrina y complejos de zinc bajo un láser de iones de argón podría inducir la fluorescencia de las impresiones incluso débilmente reveladas (Herod y Menzel, 1982b, pág. 513-518). Este descubrimiento tuvo un profundo impacto en el revelado de huellas dactilares porque los reactivos fluorescentes son más sensibles que los cromogénicos y se pueden ver más claramente en contra de fondos de color (Champod et al., 2004, pág. 120). Estudios posteriores revelaron que la intensa luz láser no era necesaria si las muestras tratadas con zinc se enfriaran a la temperatura del nitrógeno líquido (-196°C o 77 K); la fluorescencia se puede observar bajo una lámpara de arco de xenón. Esta técnica requiere la inmersión del documento en nitrógeno líquido, se coloca una placa de vidrio entre la muestra y la fuente de luz y la cámara, y una fuente de calor para evitar la condensación sobre el cristal (Kobus et al., 1983, pág. 161-170). La investigación posterior mostró que los complejos de cadmio presentaron una luminiscencia mejorada en estas condiciones (Stoilovic et al., 1986, pág. 432-445).

Estudios estructurales de complejos de sales de metal del púrpura de Ruhemann han identificado la estructura en la figura 7-4 (Lennard et al, 1987, pág. 597-605; Davies et al, 1995a, pág. 565-569; 1995b, pág. 1802-1805).

7.4.3 Aplicación

7.4.3.1 Formulaciones de ninhidrina. Varias formulaciones de ninhidrina se han reportado en la literatura (Crown, 1969, pág. 258-264; Oden y van Hofsten, 1954, pág. 449-450; Speaks, 1964, pág. 11-13, 23; Champod et al, 2004, pág. 117-120; Almog, 2001, pág. 177-209; Everse y Menzel, 1986, pág. 446-454; Clay, 1981, pág. 12-13). Las soluciones de ninhidrina se preparan típicamente en dos pasos: primero, se prepara una solución madre que tiene una alta proporción de disolvente polar para facilitar la estabilidad de la mezcla; segundo, una porción de la solución madre se diluye con un vehículo no polar disolvente para producir



M: Cadmio o Zinc
X: Anión de la sal de metal

FIGURA 7-4

Estructura del complejo de sal de metal del púrpura de Ruhemann.

un reactivo adecuado para su aplicación a los elementos probatorios.

La aplicación de soluciones viables de ninhidrina se puede realizar por inmersión, pulverización o cepillado (Oden y van Hofsten, 1954, pág. 449-450; Speaks, 1964, pág. 11-13, 23), con el método de inmersión preferido en la mayoría de los casos. El producto a examinar se sumergió brevemente en la solución activa y se dejó secar al aire para evaporar el disolvente (Champod et al., 2004, pág. 116-117).

Después del tratamiento con solución de ninhidrina, el revelado debe proceder idealmente a temperatura ambiente, en un ambiente oscuro y húmedo (con un 50-80% de humedad), durante un período de 1-2 días (Champod et al., 2004, pág. 116-117). Si la humedad ambiente es baja, el revelado con una cámara especializada de huellas dactilares con control de humedad puede ser necesario (Almog, 2001, pág. 177-209). El revelado se puede acelerar mediante la aplicación de vapor o calor, pero esto puede resultar en un mayor grado de revelado del fondo y la reducción de la claridad y el contraste de las huellas dactilares resultantes (Almog, 2001, pág. 177-209). El revelado al vapor se puede lograr mediante la superposición de una plancha de vapor por encima de la exposición; el calor se puede generar a partir de en una prensa, horno, gabinete de revelado de huellas dactilares o un horno de microondas y no debe exceder los 80°C (Almog, 2001, pág. 177-209).

Los cristales de ninhidrina se pueden moler en un mortero para formar un polvo fino y aplicarse directamente a las huellas dactilares con un cepillo de huellas dactilares (Almog, 2001, pág. 177-209). Este método es lento y produce sólo impresiones débiles, pero puede ser adecuado para algunos tipos de papel sensibles al calor o solventes (Wakefield y Armitage, 2005). La ninhidrina también se puede aplicar mediante un método de formación de humos; un gabinete humeante forense se utiliza para

calentar la ninhidrina hasta que se sublima, permitiendo que la ninhidrina gaseosa se deposite en los residuos de huellas dactilares (Schwarz y Frerichs, 2002, pág. 1274-1277). El reactivo es más adecuado para el papel, aunque cualquier sustrato poroso puede dar resultados visibles y algunos sustratos no porosos han reportado la producción de huellas visibles (Herod y Menzel, 1982a, pág. 200-204; Speaks, 1966, pág. 3-5).

7.4.3.2 2 Post-tratamiento de sal de metal. La aplicación de sales de zinc o cadmio en huellas dactilares reveladas con ninhidrina darán como resultado un cambio de color inmediato de morado a naranja o rojo, respectivamente (Lennard et al., 1987, pág. 597-605). Cabe destacar que se prefiere el uso de zinc a cadmio debido a la toxicidad del cadmio. La inmersión de la prueba en la solución es preferible a la pulverización debido a la toxicidad de algunos de los reactivos. Si la humedad es baja, una breve ráfaga de vapor puede ser requerida para producir el revelado. Sin embargo, la humedad debe controlarse cuidadosamente si se utilizan sales de zinc porque los niveles altos de humedad causan la formación de un complejo rojo inestable, no fluorescente que reducirá el contraste de la huella dactilar resultante (Stoilovic et al, 1986, pág. 432-445; Davies et al., 1995a, pág. 565-569).

Las huellas dactilares posteriormente tratadas se pueden mejorar aún más al verse bajo una luz de 490 nm (para los residuos tratados con zinc) o de 510 nm de luz (para los residuos tratados con cadmio) (Champod et al, 2004, pág. 120; Stoilovic et al, 1986, pág. 432-445). La fluorescencia puede ser inducida sumergiendo el artículo en nitrógeno líquido y estimulando la huella dactilar tratada con las longitudes de onda de luz antes mencionadas. Las emisiones fluorescentes deben ser vistas utilizando un filtro de paso de banda de 550 a 570 nm o un filtro de 550 nm de paso largo (Champod et al., 2004, pág. 121-124).

7.5 1,8-Diazafluoreno-9-uno (DFO)

7.5.1 Historia

El 1,8-Diazafluoreno-9-uno (DFO) se preparó por primera vez en 1950 (Druey y Schmidt, 1950, pág. 1080-1087), pero su reacción con aminoácidos no se exploró sino hasta 1990, cuando se aplicó primero como un reactivo de revelado de huella dactilar. Los resultados preliminares de este estudio fueron prometedores; el tratamiento con DFO resultó en huellas dactilares de color rojo o rosa pálido que eran intensamente fluorescentes a temperatura ambiente (Pounds et al, 1990, pág. 169-175; Grigg et al, 1990, pág. 7215-7218). Esto presenta claras ventajas sobre el metal de fluorescencia inducido por complejidad de huellas dactilares reveladas con ninhidrina y el DFO se identificó rápidamente como el mejor reactivo fluorescente para el revelado de huellas dactilares (Almog, 2001, pág. 177-209). El reactivo se utiliza ahora ampliamente en secuencia con ninhidrina para revelar huellas dactilares en superficies porosas (Wilkinson et al., 2005).

7.5.2 Teoría

Aunque el DFO no es un análogo directo de ninhidrina (Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417), las estructuras de los dos compuestos y el resultado de sus reacciones con aminoácidos, son similares (Grigg et al., 1990, pág. 7215-7218; Wilkinson, 2000a, pág. 87-103). Como la ninhidrina, el DFO contiene un centro de cetona central activado por la presencia cercana de grupos aceptores de electrones. La estructura del DFO se ilustra en la Figura 7-5; los anillos nitrogenados actúan de forma similar a los grupos cetónicos que flanquean en la ninhidrina (Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417).

Estudios mecánicos de la reacción del DFO con aminoácidos han demostrado que la presencia de metanol es esencial. Esto permite que el DFO forme un hemiacetal (Figura 7-6), que es menos estable que la estructura matriz y por lo tanto más reactiva, produciendo una respuesta más sensible a los residuos de aminoácidos en las huellas dactilares (Wilkinson, 2000a, pág. 87-103). El producto de reacción de color rojo se ha caracterizado completamente y se asemeja al púrpura de Ruhemann (Grigg et al, 1990, pág. 7215 hasta 7218; Wilkinson, 2000a, pág. 87-103).

El producto de esta reacción es de color rosa a rojo con λ_{max} de aproximadamente 560 nm y una absorción débil a 520 nm (Pounds et al, 1990, pág. 169-175; Wilkinson,

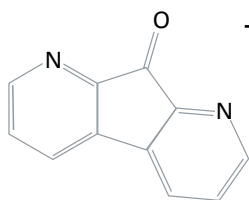
2000a, pág. 87-103). En virtud de la estimulación de cualquiera de estas longitudes de onda, el producto es fuertemente fluorescente a temperatura ambiente, emitiendo una luz intensa de 576 nm (Stoilovic, 1993, pág. 141-153). Una ilustración de una huella dactilar revelada con DFO en luz blanca y en condiciones fluorescentes aparece en la Figura 7-7.

A diferencia de la reacción de la ninhidrina, la reacción del DFO requiere de una temperatura alta y un ambiente de baja humedad (Pounds et al., 1990, pág. 169-175). El tratamiento posterior con sales metálicas y el subsecuente enfriamiento a temperaturas de nitrógeno líquido no afecta significativamente a la intensidad de la fluorescencia del producto de DFO (Conn et al., 2001, pág. 117-123).

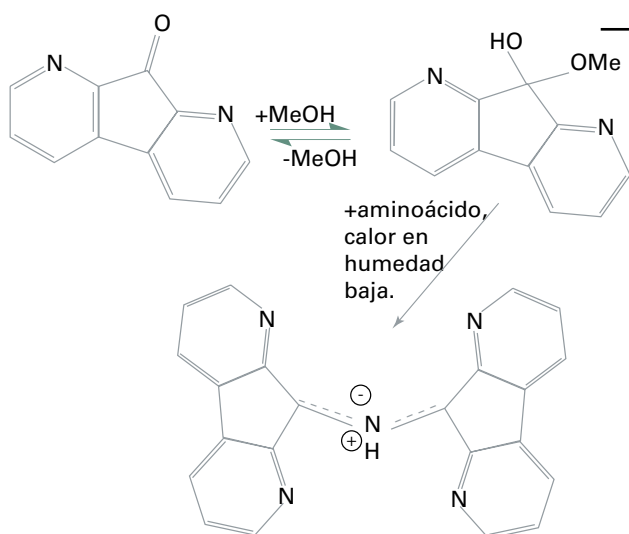
Se reporta que el DFO es un reactivo de desarrollo de huellas dactilares más sensible que la ninhidrina, produciendo un mayor número de huellas dactilares latentes identificables (Wilkinson et al., 2005; Stoilovic, 1993, pág. 141-153; Cantu et al, 1993, pág. 44-66). Esta sensibilidad se debe al hecho de que una huella dactilar débilmente fluorescente es más fácil de ver que una huella dactilar débilmente coloreada (Almog, 2001, pág. 177-209). A pesar de esta observación, si se aplica ninhidrina después del tratamiento DFO, el revelado adicional se produce, resultando en púrpura de Ruhemann. La explicación convencional para este fenómeno es que, aunque las huellas dactilares reveladas con DFO son más visibles cuando son fluorescentes, el DFO no reacciona completamente con todos los aminoácidos en el residuo de huellas dactilares, de modo que algunos aminoácidos se encuentran disponibles para reaccionar con ninhidrina (Wilkinson, 2000a, pág. 87-103). La combinación de DFO seguido de ninhidrina revela más huellas dactilares latentes que con DFO o ninhidrina solamente (Wilkinson et al., 2005) y ésta es la secuencia recomendada de exámenes para superficies porosas, tales como papel (Champod et al., 2004, pág. 128-131; Almog, 2001, 177-209).

7.5.3 Aplicación

Varias formulaciones de DFO se han reportado en la literatura (Champod et al, 2004, pág. 230-231; Almog, 2001, pág. 177-209; Pounds et al, 1990, pág. 169-175; Grigg et al, 1990, pág. 7215-7218; Wilkinson et al., 2005; Wilkinson, 2000a, pág. 87-103; Stoilovic, 1993, pág. 141-153; Didierjean et al, 1998, pág. 163-167). La solución de DFO se puede aplicar a muestras por inmersión, pulverización o cepillado, aunque la de inmersión es el método preferido (Champod et al., 2004, pág. 128-131). Se dejó la

**FIGURA 7-5**

Estructura del 1,8-Diazafluoreno-9-uno (DFO).

**FIGURA 7-6**

Formación del hemiacetal y la reacción con aminoácidos.

**FIGURA 7-7**

Huella dactilar revelada con DFO. Izquierda, bajo luz ambiental. Derecha, estimulada por medio de una fuente de luz forense y vista a través del filtro de visión apropiado.

exposición a secar y después se calentó para promover el revelado. Varios métodos de calentamiento son adecuados: el calentamiento en un horno a 100°C durante 10-20 minutos (Champod et al., 2004, pág. 128; Almog, 2001, pág. 177-209; Pounds et al, 1990, pág. 169-175; Didierjean et al., 1998, pág. 163-167), la aplicación de una plancha a 160°C durante 20-30 segundos (Stoilovic, 1993, pág. 141-153) o la aplicación de una prensa de planchar 180°C durante 10 segundos (Almog, 2001, pág. 177-209;

Stoilovic, 1993, pág. 141-153). La reacción debe llevarse a cabo en un ambiente seco con baja humedad ya que ésta interfiere con la reacción del revelado (Champod et al, 2004, pág. 129; Almog, 2001, pág. 177-209; Wilkinson, 2000a, pág. 87-103).

Después de la aplicación de DFO y calefacción, las huellas dactilares reveladas pueden observarse utilizando 530 nm de luz de excitación y un filtro de barrera 590 nm, o 555

nm de luz de excitación y un filtro de barrera de 610 nm (Almog, 2001, pág. 177-209). La muestra puede entonces ser tratada con ninhidrina como se describió anteriormente.

7.6 1,2-Indanodiona

7.6.1 Historia

Las capacidades de revelado de huellas dactilares de la 1,2-indanodiona se consideraron primero después de que un compuesto relacionado, 6-metiltio-1,2-indanodiona, se encontró para producir huellas dactilares fluorescentes (Hauze et al., 1998, pág. 744-747). Esto llevó a los investigadores a sintetizar el compuesto original y varios otros análogos y a evaluar su utilidad como reactivos de huellas dactilares (Ramotowski et al., 1997, pág. 131-139). Los resultados fueron similares al DFO en que un producto débil de color rosa que es brillantemente fluorescente a temperatura ambiente (Ramotowski et al., 1997, pág. 131-139). La investigación adicional indicó que estos reactivos son más sensibles que otros métodos actuales y, debido a la facilidad de síntesis, pueden ser una alternativa más barata (Cava et al, 1958, pág. 2257-2263; Dayan et al, 1998, pág. 2752- 2754; Joullié y Petrovskaia, 1998, pág. 41-44). En los ocho años siguientes estos descubrimientos, la 1,2-indanodiona se ha convertido en un reactivo estándar en laboratorios israelíes y ha sido investigado para su uso en muchos otros países (Almog, 2001, pág. 177-209).

7.6.2 Teoría

La 1,2-indanodiona es un análogo de cierre de la ninhidrina y se teoriza para reaccionar con los aminoácidos de una manera muy similar (Petrovskaia et al., 2001, pág. 7666-

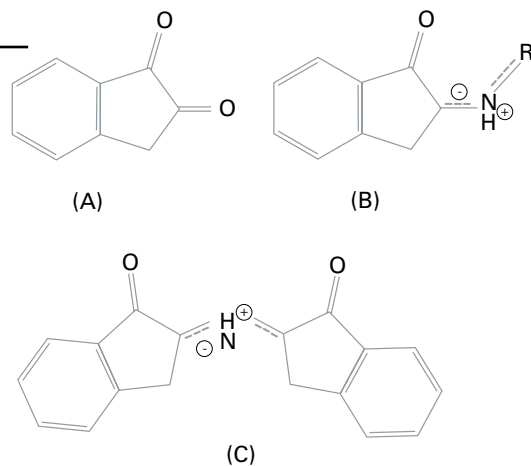
7675). La estructura de la 1,2-indanodiona se caracteriza (Wilkinson, 2000b, pág. 123-132) y se ilustra en la Figura 7-8 (A).

Estudios mecánicos de la reacción de la 1,2-indanodiona con aminoácidos han indicado que la presencia de metanol desensibiliza el reactivo (Wilkinson, 2000b, pág. 123 132). Al igual que el DFO, la indanodiona forma un hemiacetal con metanol; sin embargo, a diferencia del DFO, este hemiacetal es más estable que el compuesto original y por lo tanto su formación impide la reacción con aminoácidos. Debido a que la 1,2-indanodiona se convirtió completamente en el hemiacetal menos sensible (Wilkinson, 2000b, pág. 123-132), algunos sugieren que los alcoholes se deben evitar en cualquier formulación de indanodiona (Wilkinson et al, 2005; Wiesner et al, 2001, pág. 1082-1084). Otros estudios no han corroborado esta falta de sensibilidad en la solución metanólica (Roux et al., 2000, pág. 761-769). Existen ambigüedades similares sobre la adición de ácido acético (Lennard et al, 2005, pág. 43.); algunos autores han encontrado que una pequeña cantidad de ácido acético mejora los resultados (Hauze et al, 1998, pág. 744-747; Joullié y Petrovskaia, 1998, pág. 41-44), mientras que otros han experimentado huellas dactilares borrosas y poco claras cuando se utilizan soluciones acidificadas (Almog, 2001, pág. 177-209; Wiesner et al., 2001, pág. 1082-1084; Kasper et al, 2002). Estas discrepancias se han relacionado con el contenido ácido del papel producido en varios países del autor (Wilkinson et al., 2005).

La producción del compuesto mostrado en la Figura 7-8 (B) durante la reacción entre aminoácidos y 1,2-indanodiona ha sido confirmada. Sin embargo, este compuesto no explica por completo la coloración de la impresión revelada o su fluorescencia. La posibilidad de que un análogo de púrpura

FIGURE 7-8

Estructura de (A) 1,2-indanodina; (B) un producto conocido de la reacción entre 1,2-indanodina y aminoácidos; (C) un análogo púrpura de Ruhemann producido por la reacción.





de Ruhemann no se ha descartado (Petrovskaia et al, 2001, pág. 7666-7675.); un compuesto de este tipo se ilustra en la Figura 7-8 (C). Otros estudios están actualmente en marcha para elucidar la estructura de la especie fluorescente, que se espera que sea polimérico (Wallace-Kunkel et al., 2005).

Sea o no que el tratamiento posterior de sal de metal mejore la fluorescencia de la huella dactilar revelada es otro punto de contención entre autores. Los resultados variados con cada paso del proceso de revelado con indanodiona indican la influencia que las condiciones ambientales tienen sobre la técnica y cada grupo de investigación debe establecer una fórmula óptima para su uso en su laboratorio (Wilkinson et al., 2005; Lennard et al, 2005, pág. 43).

7.6.3 Aplicación

Debido a las variaciones regionales en humedad, el contenido de ácido del papel y otros factores ambientales, una única formulación de 1,2-indanodiona no puede ser recomendada. La aplicación del reactivo 1,2-indanodiona puede llevarse a cabo por inmersión de la muestra o por pulverización del reactivo. El revelado puede ocurrir a temperatura ambiente, pero puede requerir de 4-5 días (Roux et al., 2000, pág. 761-769). A la luz del hecho establecido que el tratamiento térmico no causa un excesivo revelado de fondo, se recomienda que el calor de vapor pueda aplicarse a las huellas dactilares tratadas para acelerar el revelado (Almog, 2001, pág. 177-209; Ramotowski et al, 1997, pág. 131 -139; Joullié y Petrovskaia, 1998, pág. 41-44; Roux et al, 2000, pág. 761-769). Este calor puede ser aplicado en un horno de humedad (a 100°C con una humedad relativa del 60%) (Wiesner et al, 2001, pág. 1082-1084; Roux et al, 2000, pág. 761-769; Almog et al, 1999, . pág. 114-118), por planchado con vapor (Ramotowski et al, 1997, pág. 131 139; Joullié y Petrovskaia, 1998, pág. 41-44) o mediante una prensa de calor (a 100°C durante 2-5 minutos [Kasper et al., 2002] o 165°C durante 10 segundos [Lennard et al., 2005, pág. 43]).

La fluorescencia se puede observar bajo una iluminación a 520 nm y ser vista a través de un filtro de 590 nm (Joullié y Petrovskaia, 1998, pág. 41-44). El tratamiento posterior de sal de zinc se puede aplicar para mejorar el color de la huella dactilar revelada y puede aumentar la intensidad de fluorescencia (Almog, 2001, pág. 177-209 (Roux et al, 2000, pág. 761-769.); Hauze et al, 1998, pág. 744-747; Ramotowski et al, 1997, pág. 131-139; Lennard et al, 2005, pág. 43; Almog et al, 1999, pág. 114-118).

La 1,2-indanodiona revela más huellas dactilares que el DFO, ninhidrina o la secuencia combinada de DFO y ninhidrina (Wiesner et al, 2001, pág. 1082-1084; Lennard et al, 2005, pág. 43). La secuencia de indanodiona-DFO es capaz de visualizar las huellas dactilares latentes aún más que la 1,2-indanodiona sola (Roux et al., 2000, pág. 761-769) y la indanodiona también puede mejorar las huellas dactilares reveladas con ninhidrina (Kasper et al., 2002). Sin embargo, el tratamiento de ninhidrina de las impresiones reveladas con indanodiona no proporciona una mejora adicional (Wiesner et al., 2001, pág. 1082-1084).

Por último, en una nota un tanto negativa, Wilkinson et al. tuvieron resultados muy pobres con la indanodiona para un estudio llevado a cabo a lo largo de Canadá (Wilkinson et al., 2003, pág. 8-18).

7.7 5-Metiltioninhidrina (5-MTN)

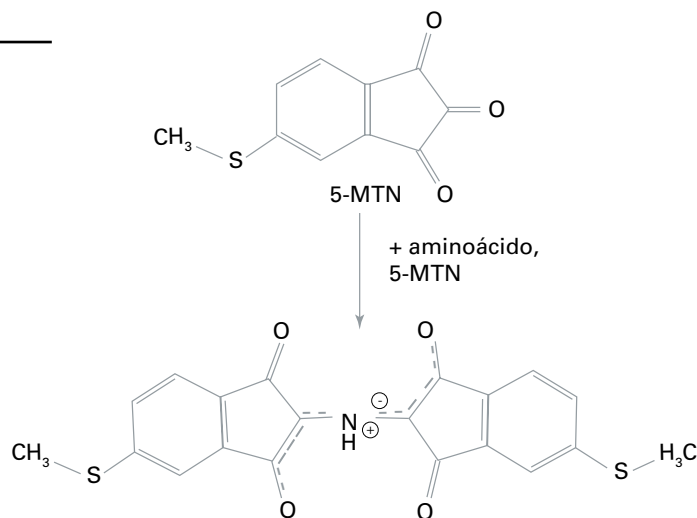
La 5-Metiltioninhidrina (5-MTN) se preparó primero y se aplicó como un reactivo de huellas dactilares en 1990 como parte de un proyecto del Servicio Secreto (Cantu et al., 1993, pág. 44-46). Este análogo reacciona con aminoácidos en una manera idéntica a la ninhidrina debido a que el reactivo, núcleo cromogénico de la molécula, no se cambia por la adición del grupo de azufre (Figura 7-9) (Elber et al., 2000, pág. 757-760). Como resultado, la 5-MTN reveló huellas dactilares que son una sombra de púrpura similar a las reveladas con ninhidrina.

El revelado de las huellas dactilares tratadas con 5-MTN requiere calor y humedad, lo mismo que el revelado con ninhidrina. Éste puede ser entregado en la misma manera descrita anteriormente para la ninhidrina o mediante la exposición de microondas durante 2-3 minutos tratada junto con un recipiente de agua (Almog et al., 1992, pág. 688-694). Se debe tener cuidado para evitar el sobrecalentamiento de la muestra, ya que puede ocurrir un revelado de fondo significativo. La huella dactilar resultante debe aparecer de color púrpura oscuro, similar a una huella dactilar revelada con ninhidrina.

En el tratamiento con una sal de zinc, la huella dactilar revelada con 5-MTN cambia de color de púrpura a rosa (Almog et al., 1992, pág. 688-694). Acompañando este cambio se encuentra una fuerte fluorescencia a temperatura ambiente cuando es estimulada por luz a 520 nm y vista a través de un filtro de 590 nm (Cantu et al, 1993, pág. 44-66.; Almog et al, 1992, pág. 688-694), con una intensidad que

FIGURA 7-9

Estructura de la 5-Metiltioninhidrina y su producto de reacción con aminoácidos.



es comparable a la del DFO. Esto es una ventaja evidente sobre el uso continuo de ninhidrina (Cantu et al., 1993, pág. 44-66). Un estudio reciente confirmó que la 5-MTN podría superar a la ninhidrina, pero produce resultados fluorescentes más pobres que el DFO o la 1,2-indanodiona (Wallace-Kunkel et al., 2006, pág. 4-13). La fluorescencia se vuelve aún más intensa si la prueba se enfría a temperaturas de nitrógeno líquido, pero este paso no es necesario (Almog et al., 1992, pág. 688-694).

La 5-MTN se puede sintetizar en operaciones a pequeña escala en el laboratorio forense siguiendo métodos descritos en la literatura (Heffner y Joullié, 1991, pág. 2231-2256; Della et al, 1999, pág. 2119-2123). Alternativamente, puede obtenerse por parte de proveedores comerciales forenses. Sin embargo, algunos proveedores ofrecen el hemiacetal etanólico de la 5-MTN, que se disuelve más fácilmente pero puede requerir alguna alteración de la formulación dada (Sección 7.14) para asegurar la concentración apropiada de 5-MTN en la solución (BVDA, 2010).

7.8 Modificaciones para el uso en Papeles Tratados Químicamente

7.8.1 Papeles Tratados Químicamente

El papel tratado químicamente es una clase que abarca el papel térmico y los papeles especiales sin carbón (Stimac, 2003a, pág. 185-197). Estos papeles no pueden

ser tratados con las formulaciones de reactivos de aminoácidos convencionales descritos anteriormente porque los disolventes polares reaccionan desfavorablemente con los tratamientos químicos aplicados al papel durante la fabricación. Esta interacción no deseada con frecuencia hace que la superficie del papel tienda a ennegrecerse, borrando las evidencias documentales que el papel contenía (Stimac, 2003a, pág. 185-197). Para abordar esta limitación, varias formulaciones libres de disolventes o de baja polaridad se han ideado para el tratamiento de estos sustratos difíciles.

7.8.2 Aplicación del DFO al Papel Tratado Químicamente

El DFO se puede aplicar a papel tratado químicamente por un proceso conocido como "Secado de DFO" (Bratton y Juhala, 1995, pág. 169-172). Esta técnica no requiere la aplicación de un disolvente a la prueba que se encuentra bajo examinación. En lugar de ello, el papel de filtro se impregna con una solución de 1 g de DFO en 200 ml de metanol, 200 ml de acetato de etilo y 40 ml de ácido acético. El papel de filtro seco se aplica a la exposición, una toalla se coloca en la parte superior y una plancha de vapor llena con solución de ácido acético al 5% se aplica durante un minuto. Esto transfiere el DFO a la prueba y proporciona el calor para el revelado. Esta técnica resulta en un cambio de color menos prominente, pero igual de fluorescente que los métodos basados en disolventes (Bratton y Juhala, 1995, pág. 169-172).



7.8.3 Técnicas de Ninhidrina

7.8.3.1 Secado de ninhidrina. Este método fue descrito en 1996 (McMahon, 1996, pág. 4-5) y es similar al proceso del “Secado de DFO” descrito anteriormente. El papel secante o filtro se empapa en una solución de 30-50 g de ninhidrina disuelta en 1.5 L de acetona y se deja secar. Una prueba se coloca entre dos hojas de papel impregnado y luego se sella en una bolsa de plástico durante 3 días a 1 semana. Esta técnica revela huellas dactilares de alto contraste, manteniendo la integridad y el aspecto del documento y es aplicable a cualquier tipo de papel frágil, incluidos los papeles tratados químicamente.

7.8.3.2 Extracción de ninhidrina. El método propuesto por Schwarz y Frerichs (2002, pág. 1274-1277) y descrito anteriormente se puede aplicar a papeles tratados químicamente sin pérdida de detalle en el documento.

7.8.3.3 Solución no polar. Una solución de ninhidrina se puede preparar en una mezcla de los disolventes no polares HFE 71IPA y HFE 7100. La muestra se sumerge en la solución activa y se deja revelar en condiciones húmedas y oscuras durante 2-3 días, evitando altas temperaturas (Stimac, 2003a, pág. 185-197).

7.8.4 Formulación de la Indanodiona

La indanodiona es suficientemente soluble en disolventes no polares, se puede aplicar de manera efectiva a papel térmico sin causar ningún ennegrecimiento (Stimac, 2003b, pág. 265-271). La muestra se sumerge en la solución preparada y se deja actuar durante al menos 1 día, en condiciones frías y oscuras. La fluorescencia se induce como se describió anteriormente.

7.8.5 2-Isononilninhidrina (INON)

La 2-Isononilninhidrina, también conocida como INON, o comercialmente como Thermanin, es un derivado de la ninhidrina con gran aumento de solubilidad en disolventes no polares (Takatsu et al., 1991; Joullié, 2000). Este compuesto, que es un producto de la reacción entre 3,5,5-trimetil-1-hexanol y ninhidrina (Almog, 2001, pág. 177-209; Hansen y Joullié, 2005, pág. 408-417; Takatsu et al., 1992), tiene la estructura química que se muestra en la Figura 7-10.

Las soluciones de este reactivo no tienen una larga vida útil, por lo que las soluciones de trabajo deben ser preparadas según sea necesario (BVDA, 2010).

La solución de 2-isononilninhidrina se aplica al papel tratado químicamente mediante la inmersión de la muestra en la solución en una bandeja de aluminio o de plástico. Se permite que la prueba se seque y se revele en condiciones húmedas y oscuras durante 24-48 horas. Bajo estas condiciones, el hemiacetal de ninhidrina reacciona con el agua absorbida por el papel para formar ninhidrina y 3,5,5-trimetil-1-hexanol. La ninhidrina liberada reacciona lentamente con los residuos en la huella dactilar para revelar una impresión que es menos intensamente coloreada que una impresión tradicionalmente revelada con ninhidrina. Esto puede ser debido a la concentración relativamente más baja de ninhidrina presente después de que ocurra la reacción de hidrólisis (Al Mandhri y Khanmy-Vital, 2005).

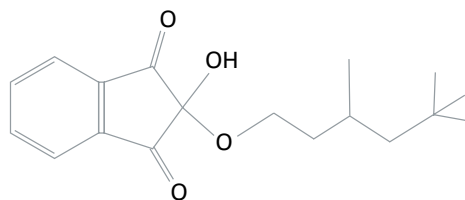
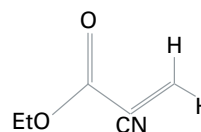
7.9 Extracción de Cianoacrilato

7.9.1 Antecedentes

El adhesivo comercial líquido, súper pegamento (*super glue*, por su nombre en inglés), se desarrolló de forma inadvertida en la década de 1950 por investigadores que estaban tratando de desarrollar un polímero acrílico para la industria aeronáutica. Además de su uso como un pegamento, el adhesivo de CA también encontró uso como un vendaje de emergencia en Vietnam en la década de 1960, aunque nunca recibió aprobación de la FDA para este uso. A finales de 1970, investigadores de Japón y el Reino Unido descubrieron casi al mismo tiempo las capacidades de revelado de huellas dactilares latentes de los vapores del adhesivo líquido. Poco después, los examinadores de huellas latentes del Laboratorio de Investigación Criminal del Ejército de Estados Unidos en Japón y la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego introdujeron esta técnica para América del Norte. Una vez que la extracción de CA resultó práctica, con la introducción de métodos para hacer la técnica más rápida y más eficaz, rápidamente ganó aceptación en todo el mundo (Alemania, 2005; Jueneman, 1982, pág. 15).

Desde aquellos primeros descubrimientos, innumerables crímenes han sido resueltos a través del uso rutinario de la extracción del éster de CA (por lo general metilo o etilo) de las pruebas y una cantidad considerable de investigaciones se han dirigido a identificar el entorno ideal para la técnica.

Hoy, la extracción de CA siendo una técnica de desarrollo versátil y eficaz en todas las superficies prácticamente no

FIGURA 7-10*Estructura de la 2-isononilhidrina (INON).***FIGURA 7-11***Monómero del etilo de Cianoacrilato.*

porosas, incluyendo vidrio, metal, papeles recubiertos y todas las formas de plásticos. El método es particularmente eficaz en superficies rugosas, donde el contacto físico con un cepillo de huellas dactilares tiende a desarrollar la textura del material junto con las huellas dactilares latentes. Los vapores de CA son extremadamente sensibles a los residuos de la huella dactilar, adaptables a muchas situaciones diferentes en la escena del crimen y en laboratorio, y son relativamente baratos de emplear.

Los estudios sobre los iniciadores de polimerización explícita y el rol del agua en el revelado de las huellas latentes están en curso. Estos estudios deberían eventualmente conducir a una mejor comprensión de la polimerización de la impresión latente, a medida que se relaciona con la composición de la impresión latente, pH, envejecimiento y humedad.

7.9.2 Teoría

El revelado de impresiones latentes con súper pegamento o CA se explica mejor como un proceso de tres etapas para producir el crecimiento del polímero, lo que permite la visualización de la impresión latente.

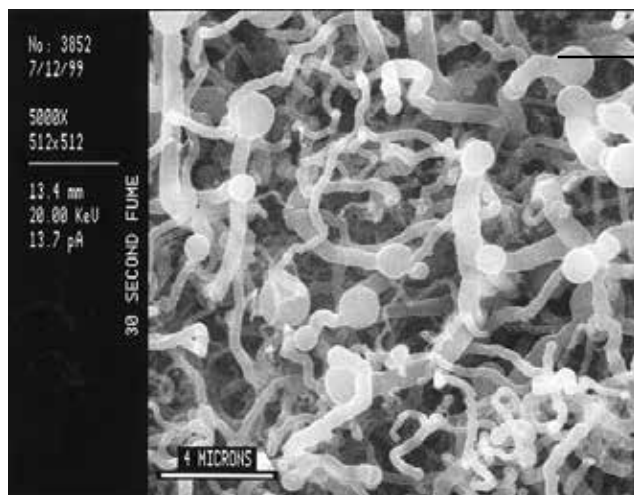
La primera etapa se produce cuando los vapores de monómeros del éster de CA (vea el diagrama del monómero del etilo de CA en la Figura 7-11) se introducen a las huellas dactilares latentes y se unen rápidamente con sus iniciadores en el residuo. En la segunda etapa, el monómero en el residuo de la huella dactilar reacciona con otro monómero de CA en la fase de vapor para formar un

dímero en la impresión. Este reacciona con otro monómero, y otro, formando un polímero, una larga cadena de moléculas de CA. La fase final es cuando se termina la reacción en la cadena del polímero. El tiempo total de revelado es rápido, especialmente cuando se acelera la volatilización del pegamento líquido (Lewis et al., 2001, pág. 241-246). El proceso de polimerización puede, sin embargo, reiniciar más tarde si las huellas dactilares demuestran ser poco reveladas con la primera exposición a los humos.

Las impresiones completamente reveladas con CA son una matriz tridimensional blanca, a menudo visible a simple vista, y puede mejorarse aún más con una variedad de técnicas. Las impresiones reveladas con CA son generalmente más duraderas que las huellas dactilares no tratadas, debido a la plastificación de la impresión. Gracias a esto, algunos expertos recomiendan el tratamiento de CA en el campo antes del envasado de pruebas para proteger las huellas dactilares frágiles durante el transporte y almacenamiento (Perkins y Thomas, 1991, pág. 157-162).

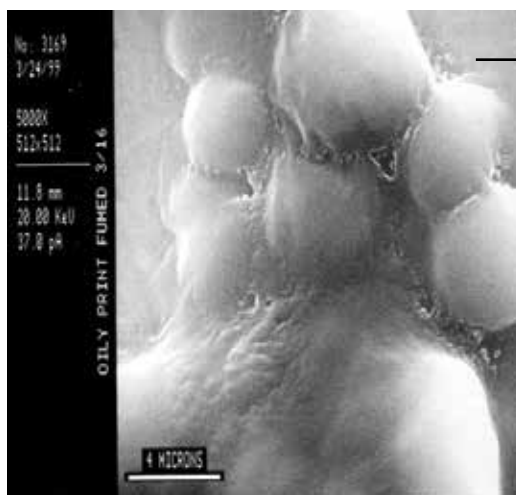
Para las huellas dactilares normales sudoríparas ecrinas, el CA polimerizado bajo condiciones ambientales de laboratorio aparece como estructuras fibrosas en forma de fideo cuando se observa con un microscopio electrónico de barrido (SEM) (Figura 7-12). Estas morfologías del polímero cambian, sin embargo, cuando se alteran las variables tales como la edad de la huella latente, la composición de los residuos y las condiciones ambientales.

Lewis et al. (2001, pág. 241-246) observaron diferencias entre los residuos de huellas latentes limpias y aceitosas,

**FIGURA 7-12**

Microscopía electrónica de barrido de residuo aceitoso de cianoacrilato polimerizado ecrino. (Reproducido con permiso de la Revista de Ciencias Forenses, 46 (2), derechos de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.)

Extracción de 30 segundos

**FIGURA 7-14**

(A) Impresión de Cianoacrilato (CA) polimerizado en una envoltura de plástico. (B) Impresión de CA manchada con RAM y vista a 475 nm con un filtro de barrera color naranja.*

**RAM es una mezcla de manchas fluorescente de rodamina 6G, Ardox y 7-(p-metoxibenzilamino)-4-nitrobenzo-2-oxa-1,3-diazol (MBD).*

y los efectos del envejecimiento en cada una. Las huellas latentes que carecen de sebo (impresiones limpias) tendieron a sufrir los efectos del envejecimiento en mucha mayor medida que las impresiones que contienen sebo (impresiones aceitosas, Figura 7-13). Después de 1 día de envejecimiento, las impresiones limpias mostraron una tendencia a alejarse de la morfología fibrosa mencionada anteriormente hacia estructuras poliméricas que parecían redondeadas bajo SEM. Las impresiones limpias también se volvieron difíciles, si no imposibles, de revelar después de un período de sólo 2 semanas, mientras que las impresiones contaminadas con sebo produjeron el crecimiento del polímero fueron distinguibles por períodos de hasta 6 meses. Lewis et al. (2001, pág. 241-246) también observaron que un ambiente de baja humedad durante el envejecimiento de la huella latente tuvo un impacto notable y adverso en el desarrollo de CA, mientras que las impresiones menores de alta humedad duraron más tiempo y produjeron polimerización de mayor calidad.

Curiosamente, las impresiones latentes reveladas en una cámara de vacío también producen formaciones esféricas lisas o de tipo cápsulas observadas con SEM y tienden a ser más translúcidas a simple vista (Watkin et al., 1994, pág. 545-554). Esto puede ser debido en parte a exponer la impresión al medio ambiente cercano a humedad cero del aspirador, presumiblemente eliminando la humedad de las huellas dactilares. El papel de la humedad en el revelado con CA de impresiones latentes no se entiende en este momento. A mediados de la década de 1990, Kent observa empíricamente que los ambientes húmedos superaron los entornos de vacío en el revelado de impresiones latentes con CA (Kent y Winfield, 1995; Kent, 2005, pág. 681-683), mientras que Lewis et al. (2001, pág. 241-246) observaron que la humedad durante el proceso de envejecimiento de la impresión latente tuvo un efecto mayor que durante la polimerización. Claramente, el papel de la humedad durante el envejecimiento y la polimerización debe examinarse más.

Hace muy poco que se entiende a los iniciadores reales que causan la polimerización de la impresión latente. Originalmente, se creía que el CA reaccionó principalmente con el agua en el residuo de la huella dactilar (Jueneman, 1982, pág. 15). Sin embargo, la investigación actual indica que las aminas solubles en agua y los grupos carboxílicos en el residuo de la impresión latente son los iniciadores principales de polimerización del CA. Estos dos grupos, cada uno produce pesos moleculares de crecimiento significativamente más altos del polímero que el agua sola. Además, las aminas y el ácido carboxílico se polimerizan en ausencia de cualquier agua, dejando poco claro el rol del agua durante el proceso de envejecimiento y revelado (Wargacki et al., 2005).

El pH de la humedad a la que las impresiones latentes están expuestas antes del tratamiento con CA también puede desempeñar un papel importante al rejuvenecimiento de impresiones latentes antes del proceso de polimerización. Las impresiones latentes que están expuestas a vapores de ácido acético y luego a CA extraído han demostrado pesos moleculares más altos que los no expuestos. Por el contrario, la humedad básica producida con vapores de amoníaco también parece mejorar el revelado con CA. La investigación actual deja claro que los ambientes de ácidos y de humedad básica mejorarán individualmente el crecimiento del polímero de la impresión latente, siendo la mejora ácida la más eficaz. Aunque el mecanismo real no se entiende completamente, se cree actualmente que la exposición a vapores de amoníaco aumenta principalmente la funcionalidad de los grupos amina, mientras que los vapores de ácido acético influyen favorablemente los iniciadores carboxílicos más robustos (Wargacki et al., 2005).

7.9.3 Aplicación

Es importante mencionar que el CA líquido y sus vapores pueden causar daño agudo a la piel, los ojos y las membranas mucosas, y los efectos de la exposición a largo plazo no se conocen completamente. El usuario debe tener cuidado de utilizar la ventilación adecuada y el equipo de protección personal y de practicar siempre una manipulación segura. Todas las advertencias del fabricante, incluidas las que figuran en las hojas de datos de seguridad, debe prestárseles atención durante el uso.

El resultado ideal del revelado con CA es la polimerización en la impresión latente que dispersa la luz suficiente y no cubre el fondo, haciendo que la impresión blanca sea ligeramente visible contra el sustrato. Este tipo de revelado

“mínimo” produce la mayor cantidad de detalle, especialmente cuando se usa en conjunción con las manchas de tinte fluorescentes (Figura 7-14). La extracción en exceso dejará impresiones que asemejan a una forma “congelada” con una falta de detalle de los bordes, lo cual hará difícil de diferenciarse de fondo también revestido con polímero de CA.

A veces, dependiendo de la composición latente y las condiciones ambientales, las impresiones reveladas aparecerán translúcidas o vidriosas en naturaleza y van a ser muy difíciles de detectar sin la iluminación específica o tinción de colorante fluorescente. De hecho, la mayoría de impresiones se mejorarán de alguna forma antes del registro.

La extracción con CA puede ser tan simple y barata como la vaporización de pegamento en una pecera con una tapa hermética o tan elaborada como el uso de una cámara diseñada comercialmente con controles de temperatura y humedad dinámicas. Ambos sistemas están diseñados para lograr el mismo resultado: la vaporización de pegamento líquido en un medio ambiente adecuado para la polimerización del CA en las impresiones latentes.

Un enfoque común y eficaz para la volatilización de CA es calentar una pequeña cantidad de pegamento líquido (aproximadamente 0.5 g o menos) en un plato de evaporación de aluminio en un calentador o una taza para café caliente. Se prefiere un plato de aluminio, ya que inhibe la polimerización (Olenik, 1983, pág. 9-10). Los gases calientes se elevan pero pronto caen al fondo de la cámara como conjuntos de refrigeración. Por lo tanto, un ventilador de circulación se utiliza a menudo durante la extracción para mantener los vapores uniformemente dispersos alrededor de la evidencia en todos los niveles del tanque. Las impresiones que se determine serán más tarde sub extraídas y podrán ser extraídas de nuevo, y en efecto reiniciar el proceso de polimerización.

Un segundo enfoque para la vaporización de CA utiliza una vara de extracción disponible comercialmente. Estas varas suelen utilizar gas butano para calentar un pequeño cartucho de latón que contiene CA etílico (Weaver y Clary, 1993, pág. 481-492). Las extracciones del cartucho calentado en el extremo de la vara pueden ser dirigidas hacia la evidencia o utilizadas para rellenar una cámara. La desventaja de usar una vara de extracción en un entorno abierto es que las corrientes de aire barren fácilmente los vapores de CA lejos de las pruebas, haciendo que el revelado sea difícil de controlar. El uso de una vara fuera una campana

**FIGURA 7-14**

(A) Impresión de Cianoacrilato (CA) polimerizado en una envolvedora de plástico. (B) Impresión de CA manchada con RAM* y vista a 475 nm con un filtro de barrera color naranja.

*RAM es una mezcla de manchas fluorescente de rodamina 6G, Ardox y 7-(p-metoxibenzilamino)-4-nitrobenzo-2-oxa-1,3-diazol (MBD).

de extracción también presenta algunos desafíos de salud y seguridad que deben ser considerados (Froude, 1996, pág. 19-31).

La vaporización también se puede lograr sin una fuente de calor externa. En lugar de ello, la aceleración química se produce por la reacción exotérmica que se puede lograr mediante el vertido de pegamento líquido sobre una almohadilla de alto contenido de celulosa previamente tratada con hidróxido de sodio. El pretratamiento implica simplemente una bola de algodón preparado con unas pocas gotas de solución de NaOH.

La extracción del CA sin aceleración se puede lograr mediante el aumento de la superficie total del pegamento líquido, aumentando así la velocidad de evaporación. Una forma de lograr esto es emparedar un cordón de pegamento líquido entre dos láminas de papel de aluminio (Olenik, 1989, pág. 302-304). Las láminas se prensan juntas y un rodillo de tinta se utiliza para dispersar uniformemente el

pegamento en una capa fina a través de todo el interior de las superficies de aluminio. Estas láminas se abren y se colocan dentro de una cámara, exponiendo al aire las capas relativamente volátiles de pegamento. El tiempo de revelado del CA utilizando este método puede variar significativamente con el tamaño de la cámara.

La extracción en una cámara de vacío también se ha sugerido como un método para aumentar la volatilidad del CA (Campbell, 1991, pág. 12-16; Yamashita, 1994, pág. 149-158; Harvey et al, 2000, pág. 29-31; Bessman et al., 2005, pág. 10-27). La presión atmosférica reducida disminuye el punto de ebullición del pegamento líquido y puede vaporizarse más rápidamente a temperatura ambiente. La presión negativa también elimina la humedad en el tanque, la cual afecta a la apariencia general de las impresiones reveladas. Las impresiones reveladas en un entorno de vacío a menudo aparecen translúcidas, haciéndolas difíciles de detectar sin manchas de colorante líquido (Watkin et al., 1994, pág. 545-554). Sin embargo, algunos investigadores

han encontrado que esta práctica es menos efectiva que el uso de entornos de humedad controlada (Kent y Winfield, 1995; Kent, 2005, pág. 681-683).

Aunque se prefiere el revelado con CA sea en una cámara de laboratorio, las cámaras improvisadas en el campo también se pueden crear fácilmente. Las cámaras incluyen cajas de cartón, pequeños cuadros con láminas de plástico transparente, grandes tiendas de campaña, interiores de vehículos, e incluso cuartos enteros (Weaver, 1993, pág. 135-137; Bandey y Kent, 2003). La más común de estas cámaras de campo es probablemente el interior del automóvil. Un método de extracción consiste en colocar una placa caliente (alcanzando aproximadamente 60°C) en el centro del vehículo, con aproximadamente 1 g de pegamento en un plato de evaporación. El interior es entonces sellado, cerrando todas las puertas y ventanas. Los vapores del pegamento calentado llenan rápidamente el interior del vehículo, revelando las impresiones. Este proceso dura aproximadamente 10-30 minutos, aunque la duración de tiempo es variable. En algunos casos, a fin de no destruir todo el vehículo, partes del vehículo pueden ser quitadas y extraídas por separado (por ejemplo, el volante, espejo).

En algunas instancias, la extracción de CA de un arma de fuego puede interferir en las examinaciones de armas de fuego subsecuentes. Los examinadores de armas de fuego pueden ser consultados antes de cualquier procesamiento de CA (Rosati, 2005, pág. 3-6).

Los tiempos de extracción dependen del tamaño de la cámara, la cantidad de pegamento, la temperatura de la fuente de calor y la naturaleza del sustrato y el residuo de la impresión latente. Bajo todas las condiciones, la extracción debe terminarse poco después de la aparición de los primeros signos de huellas dactilares en la cámara que vigilará el revelado de las impresiones. Esto no solo ayuda a determinar cuando el procesamiento debe cesar pero también actúa para asegurar que el quipo esté funcionando adecuadamente. La extracción puede reiniciarse después si las impresiones parecen no estar del todo reveladas.

7.9.4 Mejoramiento

Una vez que se han revelado las impresiones, se pueden mejorar ópticamente con técnicas de iluminación oblicuas, axiales, reflejantes y transmitidas; mejorarse químicamente con las manchas de tinte fluorescentes; y mejorarse físicamente con la aplicación de polvo de huellas dactilares, en ese orden. La tinción de colorante fluorescente y el exa-

men con una fuente de luz láser o forense suele producir los resultados más dramáticos; sin embargo, no todas las impresiones polimerizadas con CA aceptarán las manchas de tinte.

La tinción de colorante simplemente requiere la preparación de una mancha fluorescente comercialmente disponible en solución y su aplicación a las huellas dactilares polimerizadas. Para una referencia completa de recetas de tinción con manchas fluorescentes, consulte la Guía de Procesamiento para el Revelado de Impresiones Latentes del FBI (*FBI Processing Guide for Developing Latent Prints*) (Trozzi et al., 2000) o el manual de *Home Office* (Kent, 1998, 2004). Una vez que se elige una solución de colorante, se aplica a las superficies no porosas tratadas con extracción de CA por inmersión o utilizando una botella de lavado para rociar. Se cree que las impresiones polimerizadas por tinción de colorante funcionan como un tamiz molecular, donde las moléculas de colorante se atascan en el polímero llenando vacíos en el compuesto (Menzel, 1999, pág. 162). Por esta razón, es importante enjuagar adecuadamente la superficie que lleva las huellas dactilares con las manchas de colorante. El resultado será una impresión que produce intensa fluorescencia cuando se ve con una fuente de luz forense o láser (Figura 7-14). En esta etapa, la fotografía adecuada puede ir más allá de simplemente documentar la imagen para mejorar la visibilidad de la impresión fluorescente mediante el registro de detalle imperceptible a simple vista.

La pulverización es también una buena manera de visualizar y documentar impresiones polimerizadas. A menudo, las impresiones son lo suficientemente resistentes para que pueden ser cepilladas repetidamente con polvo de huellas dactilares y levantarse con cinta hasta que se logre el contraste justo en el levantamiento (Illsley, 1984, pág. 15).

7.9.5 Conclusión

La extracción de CA es un método probado y eficaz para revelar las impresiones de huellas latentes que contienen residuos ecrinos y sebáceos, que ha estado en uso desde finales de la década de 1970. Las moléculas de CA se unen al residuo a través de la polimerización para formar un compuesto visible y duradero que puede ser mejorado y registrado por fluorescencia, fotografía y levantamiento. Se están realizando investigaciones en la química y la mecánica reales de la reacción del CA. Actualmente, la técnica acelerada por calor en alto grado de humedad controlada



(humedad relativa del 60-80%) es a menudo el método sugerido de aplicación. También se recomienda que el revelado con CA se lleve a cabo poco después del depósito de huellas dactilares para resultados máximos. Aunque la extracción de CA ha demostrado ser eficaz para las duraciones de tiempo considerables después del depósito, la extracción con CA antes del envasado de evidencia también puede ser un medio eficaz para la estabilización de impresiones latentes frágiles durante el almacenamiento y el transporte.

7.10 Examinación de Fluorescencia

7.10.1 Antecedentes

Ya en 1933, la examinación de fluorescencia con luz UV se sugirió como método de visualización de huellas latentes espolvoreadas con polvo de antraceno en superficies multicolores (INBAU, 1934, pág. 4). Antes de finales de la década de 1970, el polvo fluorescente UV se utilizaba de vez en cuando y parece haber sido el único método fluorescente creíble de detección de impresiones latentes. En 1976, los investigadores del Centro de Investigación de Xerox en Canadá descubrieron la inherente fluorescencia de la impresión latente a través de la continua iluminación laser de ondas de iones de argón. Poco después, se identificó la primera impresión latente en un caso penal, utilizando luminiscencia inherente mediante excitación láser (huella dactilar en cinta aislante color negro) (Menzel y Duff, 1979, pág. 96).

Desde finales de la década de 1970, los avances en la tecnología de detección de fluorescencia han contribuido enormemente a la caza de los muchos tipos de pruebas forenses. Hoy en día, la evidencia que sería apenas perceptible o incluso invisible a la luz normal se intensificó de forma rutinaria por fluorescencia. Las manchas de sangre, semen, contusiones, fragmentos de hueso, documentos cuestionados, residuos inflamables, fibras y huellas dactilares todos ameritaron un examen con una fuente de luz forense o láser.

7.10.2 Teoría

La luz visible se compone de la radiación electromagnética de diferentes colores y longitudes de onda. Cuando la luz pasa a través de un prisma, se separa espacialmente de acuerdo con las longitudes de onda, lo que resulta en los colores clásicos del arco iris. La luz violeta tiene la mayor

energía y la longitud de onda más corta (aproximadamente 400 nm, donde un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro), mientras que la luz roja tiene la energía más baja y la longitud de onda más larga (aproximadamente 700 nm), el verde, amarillo y naranja siendo intermedios en energía y longitud de onda (Champod et al., 2004, pág. 41-76).

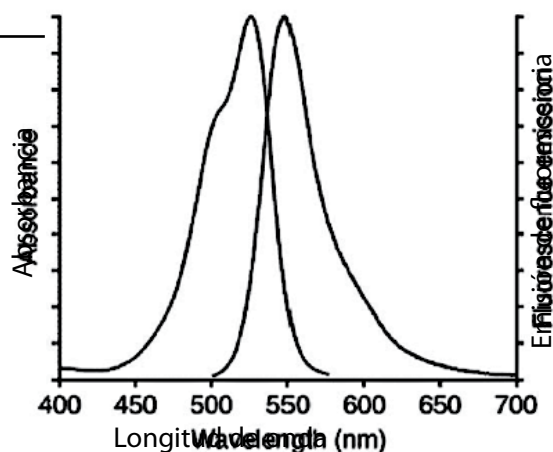
Los átomos y las moléculas tienen diferentes arreglos únicos de electrones alrededor de su núcleo, que corresponden a diferentes "niveles de energía" discretos. Cuando la luz incide sobre una superficie, un fotón de luz se absorbe si la energía del fotón coincide exactamente con la diferencia de energía entre dos de los niveles de energía de las moléculas de la sustancia de la superficie. Si la luz de un color o una energía particular no coinciden con la diferencia de energía, se refleja. El color de la superficie se compone de los colores de la luz que se reflejan y no del color que corresponde a las longitudes de onda de luz que son absorbidos. Los objetos que son de diferentes colores están absorbiendo y reflejando las diferentes longitudes de onda de la luz. Por ejemplo, la clorofila, la cual da a las hojas su color verde, absorbe fuertemente en los extremos rojo y azul del espectro visible, pero refleja la luz verde. Vemos el mundo mediante la observación de las longitudes de onda de luz que se refleja en los objetos que nos rodean.

Después de que una molécula absorbe la luz y se eleva a un nivel de energía más alto, tiende a relajarse de nuevo al nivel más bajo o "estado fundamental" por el desprendimiento de energía en forma de calor, generalmente a través de colisiones con otras moléculas. En algunas moléculas, sin embargo, el exceso de energía absorbida se emite en forma de luz. Esta es la fotoluminiscencia. Si la emisión es inmediata, se denomina fluorescencia. Si vive de más, es fosforescencia. La fluorescencia se detiene en nanosegundos cuando la fuente de luz forense está apagada, mientras que la fosforescencia continuará. Los números brillantes de un temporizador del cuarto oscuro son un ejemplo de fosforescencia.

La molécula excitada perderá algo de su energía antes de que emita luz como fotoluminiscencia. Como resultado, la luz emitida es de un color o longitud de onda diferente de la luz de excitación (Figura 7-15). La fluorescencia se dice que "se desplazó al rojo," lo que significa que es el lado rojo del espectro electromagnético en relación con la luz incidente desde la fuente de luz forense. La diferencia en las longitudes de onda de la luz excitante y emitida se denomina desplazamiento de *Stokes*. Cuando se utiliza la fluorescencia para ver una huella dactilar, los filtros de visión o de barrera

FIGURA 7-15

Espectro de absorción y emisión de la rodamina 6G.



bloquean las longitudes de onda de la luz reflejada desde la fuente de luz al tiempo que permiten que las longitudes de onda fluorescentes pasen a través de ellos.

La examinación la fluorescencia de las impresiones latentes es extremadamente sensible (Menzel, 1999, pág. 5). Mediante el uso de los filtros de barrera correctos que bloqueen la luz de la fuente de luz forense que se utiliza, pero no la fluorescencia, se puede observar una proporción muy alta de señal a ruido. Si hay química fluorescente sólo en la huella dactilar, el fondo no emite ninguna señal, y la impresión se ve que con facilidad brilla intensamente contra un fondo negro.

Los exámenes de huellas dactilares pueden producir fluorescencia a partir de cuatro fuentes:

- Constituyentes nativos en los residuos de impresión latente
- Sustancias extrañas recogidas por la mano y que se transfieren a través del depósito
- Mejora intencional de la química
- Fluorescencia del sustrato (fondo)

Algunas investigaciones han sido dirigidas a la identificación de luminiscencia “nativa” o inherente en los residuos de huellas dactilares. Esta fluorescencia es típicamente débil y se cree que proviene de compuestos tales como la riboflavina y piridoxina (Dalrymple et al., 1977, pág. 106). Los contaminantes extraños en los residuos de huellas dactilares, tales como alimentos o residuos de medicamentos, también pueden aparecer luminiscentes. El tratamiento por medios químicos y físicos diseñados para

producir fluorescencia; sin embargo, se considera generalmente como el más productivo. Los resultados dramáticos se consiguen de forma rutinaria mediante el uso de polvos fluorescentes, manchas de tinte y reactivos químicos.

7.10.3 Aplicación

El uso de láseres y fuentes de luz forenses plantean peligros reales y, a veces, irreversibles en la salud. Los láseres pueden generar suficiente intensidad que la luz incluso incidental o reflejada puede dañar los ojos sin protección. Las lámparas filtradas también producen luz intensa y, además, algunas van a generar radiación UV peligrosa. La protección adecuada para los ojos debe ser utilizada en coordinación con las longitudes de onda de excitación que se emplea. Por favor, lea todas las advertencias del fabricante antes de usar cualquier fuente de luz forense.

Para visualizar las impresiones latentes mediante fluorescencia, un ancho de banda específico de radiación debe hacerse brillar tanto en una impresión latente no tratada o una tratada con un producto químico fluorescente. Las longitudes de onda elegidas serán determinadas por los químicos involucrados y la naturaleza del sustrato luminiscente. La evidencia se examina a continuación, a través de gafas de visión (Figura 7-16) o placas de filtro que bloquean la luz incidental desde la fuente de luz forense. Estas gafas actúan como un filtro de barrera y son fundamentales en la separación de la luz incidente generada por la fuente de luz y la señal fluorescente débil emitida por la impresión latente. Esta separación de señales de luz incidente y emitida le dan al examen de fluorescencia su sensibilidad. Es importante utilizar las gafas correctas para obtener los resultados óptimos, así como por consideraciones de salud y seguridad.

**FIGURA 7-16***Gafas.*

La excitación UV única no requiere necesariamente de gafas de visualización debido a la invisibilidad de la iluminación incidente al ojo humano; sin embargo, las gafas de protección, que pueden incluir lentes de policarbonato transparente, se deben utilizar durante el examen de evidencias para proteger los ojos contra la radiación UV reflejada. No todas las fuentes de luz UV producen UV pura y se requerirá de un filtro de visualización amarillo si la luz visible está presente. La fotografía de fluorescencia excitada de UV única también puede requerir el filtro de barrera UV correcto en la cámara sensible a la luz incidente, incluso cuando el ojo humano no lo es. Ropa protectora debe ser utilizada para minimizar la exposición de la piel a la radiación UV.

En general, los filtros amarillos se utilizan para longitudes de onda de luz incidente de UV a 445 nm, filtros de color naranja para fuentes de luz de 445-515 nm y filtros rojos de 515 a 550 nm. Las gafas y filtros específicos variarán en valores de transmisión y deben ser adaptados a la fuente de luz que se utiliza. Las gafas de visualización están disponibles a través de compañías de láser y luz forense y la mayoría distribuidores de suministros forenses.

Una vez que se observa una imagen fluorescente, a veces puede ser “afinada” ajustando las longitudes de onda de excitación emitida por la fuente de luz, y el filtro de barrera utilizado para ver, para minimizar la fluorescencia de fondo y maximizar el contraste. La imagen resultante debe ser fotografiada utilizando un filtro fotográfico que transmita las mismas longitudes de onda que el filtro utilizado para la visualización.

7.10.4 Fuentes de luz

Las fuentes de luz utilizadas para generar estos anchos de banda estrechos vienen en diferentes variedades, incluyendo lámparas UV, lámparas filtradas y láseres. Cada una de

estas fuentes de luz tiene ventajas y desventajas, dependiendo de la finalidad prevista y el presupuesto que se tenga.

Recientemente, las fuentes de luz “alternativas” o “forenses” (lámparas filtradas) se han convertido en gran medida en las más confiadas por los laboratorios y en el lugar de los hechos a causa de las mejoras en la potencia, versatilidad, portabilidad y precio asequible en comparación con los láseres. Estas lámparas de alta intensidad utilizan filtros de pase largo, pase corto y paso de banda frente a un bulbo de xenón o un haluro de metal para producir la longitud de onda deseada para el examen de la evidencia (Wilkinson y Watkin, 1994, pág. 632-651; Wilkinson et al., 2002, pág. 5-15). Recientemente, se han introducido “linternas de mano” forenses, muchas basadas en tecnología de diodos emisores de luz (LED) (Wilansky et al., 2006).

Los láseres, por otra parte, en el pasado han sido menos portátiles y asequibles, pero generan considerablemente más energía que las lámparas filtradas. Los láseres son deseables cuando sólo se observa fluorescencia muy débil. Algunos ejemplos de fluorescencia débil incluyen la fluorescencia inherente del residuo de huellas dactilares latentes o huellas dactilares reveladas con reactivos tales como violeta cristal que emite una señal fluorescente muy débil. Los nuevos láseres (532 nm), que son refrigerados por aire y portátiles, han llegado recientemente al mercado. Para una discusión más amplia sobre tipos de láser, funcionalidad, usos y teoría, consulte *Fingerprint Detection with Lasers de Menzel* (Menzel, 1999, pág. 3-21) o la publicación de *Home Office, Fingerprint Detection by Fluorescence Examination* (Hardwick et al., 1990).

Además de simplemente detectar pruebas, una fuente de luz forense o láser es también a menudo un medio eficaz para la mejora de imagen. Esta mejora puede provenir de causar intencionalmente que un fondo sea fluorescente para aumentar el contraste entre una huella dactilar y su

sustrato, o desde el silenciamiento de patrón del fondo mediante la selección de un rango de longitud de onda que reduzca el color de fondo.

Las impresiones sangrientas son un buen ejemplo de la mejora a través de la absorción a una longitud de onda discreta. La longitud de onda máxima de absorción para sangre seca es de aproximadamente 420 nm. La iluminación en esta longitud de onda hace que las crestas manchadas de sangre aparezcan más oscuras. Si el fondo es fluorescente en este rango de longitud de onda, la impresión sangrienta será mejorada significativamente (Figura 7-17) (Stoilovic, 1991, pág. 289-296; Vandenberg y van Oorschot, 2006, pág. 361-370).

7.10.5 Polvos Fluorescentes, Manchas de Tinte y Reactivos

Se han desarrollado muchos procesos fluorescentes para ayudar al examinador forense con herramientas que vayan mucho más allá de utilizar una sola fuente de luz. Los polvos fluorescentes son abundantes y están ampliamente disponibles en las empresas de suministros forenses, con la mayoría de las empresas comercializando su propia marca en particular.

Las manchas de tinte tales como MBD [7-(p-metoxibencilamino)-4-nitrobenzo-2-oxa-1,3-diazol], rodamina 6G (R6G), Ardrex, amarillo básico y rojo básico se pueden preparar en el laboratorio y son extremadamente eficaces para mejorar

las huellas dactilares reveladas con cianoacrilato. Algunas de estas manchas de tinte se pueden combinar para producir una mancha con fluorescencia en un amplio espectro. Una de estas manchas es RAM, una combinación de R6G, Ardrex y MBD. Debido a que la mezcla RAM se puede utilizar en diferentes longitudes de onda, el practicante puede a menudo “afinar” antecedentes problemáticos mediante la selección de una longitud de onda que maximiza la fluorescencia de huellas dactilares y suprime la fluorescencia de fondo.

Los tratamientos para papel son igual de eficaces que los utilizados en superficies no porosas e incluyen ninhidrina tonificada con cloruro de zinc y análogos de ninhidrina: DFO, 1,2 indanodiona y 5-MTN (5-metiltioninhidrina).

Cuatro excelentes referencias que contienen recetas e instrucciones para reactivos fluorescentes son the *FBI Processing Guide for Developing Latent Prints* (Trozzi et al., 2000), the *Home Office Manual of Fingerprint Development Techniques* (Kent, 1998, 2004), *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions* (Champod et al., 2004, pág. 142–145, 228–229) y *Advances in Fingerprint Technology* (Lee and Gaensslen, 2001, pág. 105–175).

La Tabla 7-3 es una lista de reactivos comunes y sus correspondientes longitudes de onda de pico de absorción y emisión. La adherencia precisa a un pico de excitación y longitud de onda de absorción no siempre es posible (dependiendo de la fuente de luz disponible) y no siempre

FIGURA 7-17

Imagen compuesta de una huella dactilar sangrienta en papel de copia. El lado izquierdo fue fotografiado a 415 nm. El lado derecho fue fotografiado bajo la luz del día equilibrada con iluminación fotográfica.



**Tabla 7-3****Reactivos comunes y sus longitudes de onda del pico de absorción y emisión.**

Reactivo/Sustancia	Máximo de absorción (nm)	Máximo de emisión (nm)
DFO	560 (Champod et al., 2004, pág. 129-130)	580 (Champod et al., 2004, pág. 129-130)
1,2-Indaneodina	515	
5-MTN	550 (Wallace-Kunkel et al., 2006, pág. 4-13)	
Ninhidrina	415-560* (Champod et al., 2004, pág. 117-118)	
Ninhidrina/ZnCl	490	540 (Champod et al., 2004, pág. 120-124)
Ardrox	380	500 (Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)
Amarillo básico 40	445 (Champod et al., 2004, pág. 142-145, 228-229)	495 (Champod et al., 2004, pág. 142-145, 228-229)
	440 (Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)	490 (Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)
MBD	465	515 (Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)
Rojo básico 28	495	585 (Champod et al., 2004, pp 142-145, 228-229; Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)
Rodamina 6G	490-530 (Champod et al., 2004, pág. 142-145, 228-229)	565 (Champod et al., 2004, pág. 142-145, 228-229)
	525 (Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)	555 (Lee and Gaennslen, 2001, pág. 124)
Violeta cristal	532**	
Amarillo ácido 7	527	550 (Sears et al., 2005, pág. 741-763)
Amarillo ácido 7 + Sangre	445-480	485-500 (Sears et al., 2005, pág. 741-763)
Sangre seca sin tratar	415* (Champod et al., 2004, pág. 168)	

*No se hace fluorescente pero aparece oscuro.

**Fluorescencia baja que requiere iluminación láser.

es aconsejable debido a que muchos sustratos pueden interferir con la visibilidad en estas longitudes de onda. Debido a que las bandas de absorción son generalmente bastante amplias, la longitud de onda de excitación puede diferir del máximo de absorción y aún inducir una fluorescencia significativa.

7.10.6 Tiempo – y Fase – de la Creación de Imágenes Resueltas

Como se mencionó anteriormente, la fluorescencia de fondo se puede generar intencionalmente para visualizar mejor una huella dactilar que está absorbiendo la luz tenue pero no fluorescente. Esta condición aumenta el contraste iluminando el fondo, haciendo que la huella dactilar más oscura destaque. Sin embargo, la fluorescencia de fondo es más a menudo un obstáculo, compitiendo con una huella dactilar fluorescente para la visualización.

La creación de imágenes resueltas por tiempo se ha defendido como un medio posible para solucionar este problema. Esta técnica se aprovecha de la diferencia entre el momento de la emisión del sustrato y la huella fluorescente (Menzel, 1999, pág. 126). Los primeros dispositivos utilizan una fuente de luz con una rueda cerrada, que “corta” la luz para explotar estas diferencias en las emisiones de rotación. La luz brilla en la huella dactilar y el sustrato cuando una abertura en la rueda está en frente de la luz. La fuente de luz se enciende a continuación, de manera efectiva cuando una cuchilla en la rueda pasa por delante de la fuente de luz. Poco después, una abertura en la rueda pasa por delante de un detector. El tamaño de las aberturas en la rueda y la velocidad con la que ésta gira, determinarán la longitud de tiempo que la impresión es expuesta y el retardo entre la excitación y la detección. Si la fluorescencia de fondo decae más rápido que la fluorescencia de la sustancia química en la huella dactilar latente, el fondo puede ser eliminado mediante el ajuste del tiempo de retardo (Menzel, 2001, pág. 216; Campbell, 1993, pág. 368-377).

Diseños posteriores demostraron ser más prácticos mediante el uso de un cortador de luz electrónico en conjunción con una cámara con un dispositivo de carga acoplada (CCD), cada componente controlado por una computadora con la imagen visualizada en un monitor (Menzel, 1999, pág. 126). La creación de imágenes resueltas con tiempo todavía se considera poco práctica para la aplicación generalizada. Las imágenes resueltas por fase se mantienen como el siguiente avance tecnológico y se utilizan actualmente en otros campos de la espectroscopia (Menzel, 2001, pág. 216).

7.10.7 Conclusión

La examinación de fluorescencia está firmemente basada en las técnicas de detección de impresión latentes y la creación de imágenes cotidianas. La sensibilidad de esta técnica garantiza la aplicación en todas las formas de pruebas forenses. Los anchos de banda específicos de radiación son hechos brillantes en las impresiones no tratadas, así como en impresiones tratadas con polvos y reactivos químicos. Cuando se ve con los filtros de barrera apropiados, la sensibilidad a través de la detección de fotoluminiscencia se puede conseguir hasta casi el fotón único. La absorción a longitudes de onda discretas, ausente de fluorescencia, es también una técnica de mejora benéfica sobre sustancias tales como las impresiones de color púrpura de ninhidrina o sangre seca, haciéndolas más oscuras y más fáciles de ver y fotografiar. Debido a que la fluorescencia de fondo es el mayor obstáculo para el examen de fluorescencia, se han propuesto conceptos experimentales tales como la creación de imágenes resueltas con tiempo y fase para abordar este problema.

7.11 Depósito de Metal al Vacío

7.11.1 Historia

El depósito de metal al vacío (VMD) es una técnica industrial establecida desde hace tiempo para la aplicación de revestimientos de metal para componentes tales como el vidrio para formar un espejo. En 1964, el profesor de física Samuel Tolansky (Royal Holloway College, Universidad de Londres) señaló que la deposición de plata en un sistema de depósito al vacío reveló huellas dactilares latentes accidentalmente en un componente de vidrio. Se propuso una investigación sobre el proceso como una técnica de revelado de huellas dactilares. Sin embargo, esto no fue perseguido en su momento por el Ministerio del Interior del Reino Unido debido a que otras técnicas para la detección de huellas dactilares en el cristal se consideraron más baratas, más fáciles de utilizar y suficientemente eficaces.

En 1968, trabajadores franceses informaron (Theys et al., 1968, pág. 106) que el VMD de una mezcla de zinc, antimonio y cobre en polvo era capaz de revelar impresiones latentes en papel. Como consecuencia de este artículo, el interés por la técnica fue revivido en el Reino Unido y Tolansky inició un programa de investigación para inquirir las condiciones óptimas y las posibles aplicaciones del VMD. Uno de los primeros objetivos de la investigación fue



establecer por qué la composición francesa fue eficaz. Un examen más detallado de los revestimientos metálicos depositados producidos por el laboratorio francés indicó que el recubrimiento era casi en su totalidad de zinc, no siendo necesaria la presencia de antimonio y cobre para revelar impresiones (Hambley, 1972).

El programa de investigación iniciado por Tolansky (Hambley, 1972) investigó las características de deposición de una gama de metales sobre sustratos de papel, la identificación de los metales individuales y las combinaciones de metal que dan el revelado de impresión óptimo. La investigación también se llevó a cabo en la capacidad de la técnica para detectar huellas latentes en los tejidos. Estos experimentos mostraron que, aunque un cierto revelado de impresión se obtuvo mediante el uso de metales individuales (por ejemplo oro, plata, cobre, zinc y cadmio), en general, los mejores resultados se obtuvieron mediante el uso de una combinación de metales, típicamente oro o plata seguido por el cadmio o zinc. Inicialmente, la combinación de oro y cadmio fue seleccionada como la óptima, aunque las cuestiones de salud y seguridad posteriores han dado como resultado la combinación de oro y zinc en su lugar. Se prefirió oro sobre la plata como el metal inicial depósito porque la plata puede ser degradada por las secreciones de huellas dactilares y contaminantes atmosféricos.

El trabajo experimental inicial se llevó a cabo en el equipo a pequeña escala con una campana de cristal, pero la investigación continuó desarrollando un equipo más grande adecuado para su uso en un laboratorio de huellas dactilares. A mediados de la década de 1970, los sistemas modificados de equipos industriales estándar se habían desarrollado (Kent, 1982) y estaban en uso en varias fuerzas policiales y los proveedores forenses en el Reino Unido. Más tarde, los fabricantes hacen refinamientos, aumentando el tamaño de la cámara de vacío y la adición de controles específicos para el proceso de revelado de huellas dactilares. En la década de 1990, la técnica hizo su camino de Europa a América del Norte (Murphy, 1991, pág. 318-320; Misner, 1992, pág. 26-33; Masters y DeHaan, 1996, pág. 32-45). Los equipos de VMD especialmente contruidos son ahora suministrados por varios fabricantes de todo el mundo.

Aunque el VMD se investigó originalmente como una técnica de revelado de huellas dactilares para su uso en papel y tejidos, se estableció que otros procesos son capaces de dar mejores resultados en el papel. Sin embargo, el VMD dio excelentes resultados en sustratos no porosos y

en estudios comparativos se encontró que superó a todas las demás técnicas en el revelado de marcas en bolsas de plástico (Misner, 1992, pág. 26-33; Kent et al, 1975, 1978; y Reynoldson Reed, 1979). También se encontró que el proceso reveló marcas en sustratos expuestos a agua y a condiciones de alta humedad, dando ventajas sustanciales sobre técnicas tales como la extracción de CA para los artículos que han sido expuestos a estas condiciones.

Se han hecho pocas modificaciones al proceso en sí desde el cambio en el segundo metal de depósito de cadmio al zinc a finales de la década de 1970. Recientemente, ha habido una mayor investigación sobre el VMD en Australia, mirando a detalle los diversos regímenes del revelado de impresión que se pueden seguir en diferentes grados de polietileno (Jones et al., 2001c, pág. 73-88) y cómo las superficies podrían ser "reactivadas" para revelar impresiones si el exceso de depósito de metal se había producido inicialmente (Jones et al., 2001d, pág. 5-12). El trabajo se extendió a investigar otros sustratos poliméricos, incluyendo polipropileno, cloruro de polivinilo y tereftalato de polietileno (Jones et al., 2001b, pág. 167-177) y diferentes condiciones de depósito fueron recomendadas para cada tipo de polímero, en particular, la cantidad de oro depositado antes de la deposición de zinc (el tereftalato de polietileno y cloruro de polivinilo requieren significativamente más oro para revelar impresiones que los polímeros o el polipropileno).

Sin embargo, hay situaciones en las que el rendimiento del VMD deja mucho que desear. Se cree que su eficacia puede ser afectada negativamente por la presencia de fluidos corporales (Batey et al., 1998, pág. 165-175) y residuos de medicamentos (Magora et al., 2002, pág. 159-165). También ha sido difícil revelar impresiones en gran medida de polímeros plastificados (tales como película plástica y vinilo plastificado) utilizando el proceso de VMD. Trabajos recientes han indicado que el depósito de la plata como un solo metal puede dar mejores tasas de detección sobre el oro y la combinación de zinc para estos tipos de sustratos y el proceso de depósito de plata ha sido publicado para su uso operacional (Home Office Scientific Development Branch, 2005, pág. 8-9).

7.11.2 Teoría

Hay un acuerdo general sobre la teoría asociada con el revelado normal de impresiones por el método de VMD. La razón de que las combinaciones de metal se postulan para trabajar bien es debido a las características de

condensación de zinc (y cadmio). Estos metales no se condensarán en grasa, tales como la que se encuentra en los residuos de huellas dactilares, incluso cuando los residuos oleosos están presentes sólo como una monocapa. Sin embargo, el zinc se deposita en pequeños núcleos de metal y esta es la razón por la que el depósito de oro o plata se lleva a cabo primero. El oro y la plata se pueden depositar sobre toda la superficie y comienzan a formar núcleos, la morfología de los cuales depende de la naturaleza de la superficie (la energía superficial, las especies químicas presentes) sobre los que se están depositando. El recubrimiento de oro resultante es muy delgado (sólo varios nanómetros) y discontinuo. Sin embargo, en las regiones recubiertas con los residuos grasos de la huella dactilar latente, el oro se difunde en la grasa y por lo tanto no hay núcleos de oro cercanos a la superficie. Como consecuencia, cuando el zinc se deposita posteriormente, que se condensará en las regiones de núcleos de oro (es decir, el sustrato de fondo), pero no en las regiones del depósito de grasa (es decir, las crestas de la huella dactilar). Esta teoría de la nucleación se discute en más detalle por Stroud (1971, 1972). El proceso de revelado normal se representa esquemáticamente en la figura 7-18 y una fotografía de una marca producida por el revelado normal se muestra en la figura 7-19.

Las pruebas llevadas a cabo para determinar qué componentes de la huella latente tenían más probabilidades de ser responsables de la inhibición del depósito de metales identificó varias sustancias, incluyendo el ácido esteárico, ácido palmítico, oleato de colesterol, trioleato de glicerol y aminoácidos del monohidrócloruro de L-arginina, L-leucina, y DL-treonina. La mayoría de estas sustancias son grasas o ácidos no solubles al agua o de cadena larga con baja presión de vapor, los cuales determinan su estabilidad y su no migración sobre la superficie durante el proceso de VMD. Estos resultados estaban de acuerdo con la observación de que el VMD era capaz de revelar las impresiones en sustratos expuestos al agua. Los experimentos para estudiar la difusión de oro en forma de películas

delgadas de ácido esteárico (Thomas, 1978, pág. 722-730) demostraron que el 60% del oro penetró el ácido esteárico a una profundidad mayor que la profundidad de detección de la técnica de análisis de superficie por espectroscopía electrónica para el análisis químico (ESCA) y por lo tanto probablemente no serían suficientemente cercanos a la superficie de zinc para nuclear en él.

La microscopía electrónica se ha utilizado también para confirmar que el tamaño y la distribución de núcleos de oro formados durante el proceso de deposición variaron mucho según el sustrato y las especies químicas presentes (Kent, 1981, pág. 15). Fue esta diferencia en el tamaño y la distribución de núcleos, junto con la difusión de oro en los depósitos grasos, que posteriormente delineó la impresión durante el VMD.

En la práctica, muchas impresiones reveladas utilizando VMD pueden ser "reveladas a la inversa" (es decir, el zinc preferencialmente se deposita en las crestas de las huellas dactilares en lugar del fondo). Hay diferencias de opinión en cuanto a por qué esto surge (Jones et al, 2001b, pág. 167-177; 2001c, 73-78; Kent et al, 1976, pág. 93), pero ninguna de las teorías se han demostrado categóricamente, y en algunos casos se puede observar el revelado inverso y normal en el mismo sustrato (aunque se afirma que esto es más común para [si no exclusivos a] sustratos de polietileno de baja densidad). La Figura 7-20 muestra una marca revelada a la inversa en una bolsa de polietileno.

7.11.3 Aplicación

El equipo utilizado para el VMD puede variar según el fabricante, pero los elementos esenciales del sistema son los mismos. El equipo consta de una cámara de vacío capaz de ser bombeada a una presión muy baja ($<3 \times 10^{-4}$ mbar), filamentos para la evaporación de oro y zinc, y una ventana de visualización de manera que el depósito de zinc pueda ser monitoreada. La cámara también puede contener un "dedo frío", enfriado a baja temperatura para ayudar a reducir los

FIGURA 7-18

Diagrama esquemático del revelado normal, mostrando el depósito de zinc donde se encuentra disponible el núcleo de oro en la superficie.

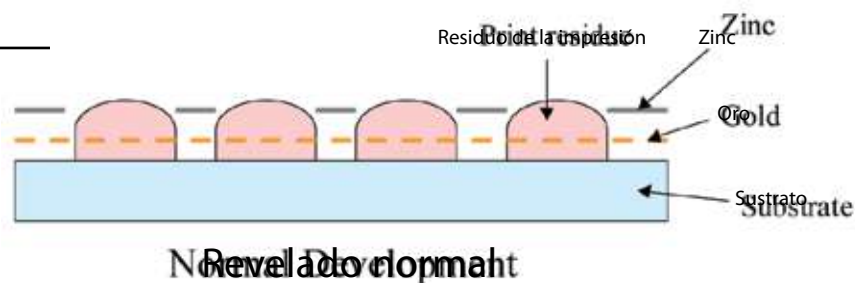


**FIGURA 7-19**

Fotografía de una marca revelada normalmente en una bolsa de polietileno.

**FIGURA 7-20**

Fotografía de una marca revelada a la inversa en una bolsa de polietileno.

tiempos de parada de la bomba mediante la condensación de una parte del vapor en la cámara. Los artículos a recubrir se adjuntan a la circunferencia interior de la cámara de vacío, por encima de los filamentos de revestimiento. Un sistema típico se ilustra en la figura 7-21.

Los filamentos ("botes") utilizados para el depósito de oro y zinc se forman normalmente a partir de láminas delgadas de molibdeno. El filamento de oro por lo general consiste en un hoyuelo poco profundo en una delgada franja de molibdeno. La deposición de oro tiene lugar cuando la cámara ha alcanzado una presión de 3×10^{-4} mbar o inferior y la corriente al filamento se incrementa hasta que el filamento alcanza un calor de amarillo a blanco. El depósito de oro debe ser completado dentro de 10 segundos, pero si se observan residuos en el filamento a medida que la corriente se reduce, la temperatura debe ser aumentada de nuevo hasta que todo el oro se haya evaporado.

Al completar el depósito de oro, la presión en la cámara se aumenta hasta $\sim 5 \times 10^{-4}$ mbar y la corriente al filamento (s) de depósito de zinc se enciende. La razón para el aumento de la presión en la cámara es reducir la velocidad del depósito de zinc mediante la introducción de más moléculas de aire con las que el zinc pueda colisionar. Algunos sustratos se pueden cubrir muy rápidamente, por lo que el proceso de depósito más lento da al operador un mayor control. Los filamentos de deposición de zinc son más grandes y significativamente más profundos que el filamento de oro, y la cantidad de zinc añadida es mayor, normalmente de 1 g por corrida. Para la deposición de zinc, la corriente se incrementa hasta que el filamento se ilumina con un color cereza-rojo a naranja opaco. Una vez que esto ocurre, el operador debe observar el proceso de deposición a través de la ventana de visualización, dejando de depositar tan pronto como las marcas se hagan visibles sobre el sustrato.

FIGURE 7-21

Typical vacuum metal deposition equipment.



Después del depósito de zinc, el filamento de oro debe ser brevemente calentado con un calor de amarillo a blanco para quemar cualquier tipo de contaminación de zinc. El proceso se describe con más detalle en otra parte (Kent, 2004).

Existe una gran variabilidad en la velocidad a la que los diferentes sustratos se recubren y puede tomar más de 10 minutos para obtener un recubrimiento adecuado en algunos tipos de material. En algunos casos, puede ser necesario llevar a cabo múltiples corridas de deposición con el fin de obtener resultados satisfactorios o para revelar todas las marcas presentes. La presencia de contaminación de la superficie, agentes de liberación, plastificantes puede significar que no es posible obtener un recubrimiento de zinc en absoluto; en estas circunstancias, la deposición de 60 mg de plata, usando las mismas condiciones de deposición del oro, puede producir marcas adicionales.

La técnica VMD se adoptó inicialmente como una técnica operativa para la detección de huellas latentes en delgadas láminas de polietileno y ha demostrado ser superior a otros procesos desarrollados con posterioridad a los ensayos de comparación iniciales. El VMD ahora se ha utilizado operativamente durante muchos años y ha demostrado ser una técnica eficaz para una gama más amplia de materiales que el polietileno. Resultados recientes han demostrado que el VMD puede producir resultados en una gama de sustratos (por ejemplo, un billete recubierto con tinta ferromagnética y en poliestireno expandido) (Suzuki et al., 2002, pág. 573-578). El uso de la técnica también ha comenzado a incrementar en América del Norte y se han obtenido resultados exitosos a partir de bolsas de plástico, en algunos casos con varios años de antigüedad y expuestas a la humedad (Batey et al., 1998, pág. 165-175).

La gama de muestras que han sido tratadas con éxito utilizando VMD es extensa e incluye:

- Bolsas de plástico y embalajes.
- Vidrio y botellas de plástico.
- Armas de Fuego.
- Tarjeta brillante, papel fotográfico y portadas de revistas.
- Artículos de cuero limpio (incluyendo bolsos y zapatos).
- Cintas adhesivas (lado no pegajoso).

Es evidente que hay mucha superposición entre los tipos de artículos que pueden ser tratados con VMD y los que son tratados con extracción de CA. En muchos casos, el factor decisivo en cuanto a qué técnica se utilizará es si el artículo ha sido humedecido, porque el VMD sigue siendo eficaz en artículos húmedos mientras que la extracción de CA no lo es. En la práctica, es posible utilizar los dos procesos en secuencia y se pueden detectar más marcas de esta manera porque los dos procesos funcionan en diferentes constituyentes de huellas dactilares. Sin embargo, en la actualidad, todavía parece que hay cierto debate sobre cuál de las dos técnicas se debe hacer primero.

7.12 Técnicas de Mejoramiento de la Sangre

7.12.1 Historia

La sangre es uno de los contaminantes conocidos más comunes de huellas dactilares encontradas en los lugares



de los hechos. El uso de evidencia de sangre en la historia de la investigación data de más de 150 años. Las primeras pruebas fueron de dos tipos, ambas apoyándose en la presencia del grupo hemo: aquellas que produjeron cristales y aquellas que se apoyaron en su naturaleza catalítica.

Las pruebas de cristal o confirmatorias se formularon por Teichmann en 1850 (Thorwald, 1966, pág. 23) y Takayama en 1912 (Gerber y Saferstein, 1997, pág. 19-19). Sin embargo, estas pruebas requieren que la sangre se raspe de la superficie y, por consiguiente, no le da importancia a las formas de evidencia física tales como las huellas dactilares, impresiones de calzado o patrones de salpicadura.

Los ensayos catalíticos o presuntos que intentaron mantener gran parte de la evidencia física intacta fueron producidos por Van Deen y Day en 1862 y se basaron en guayacol (Gerber y Saferstein, 1997, pág. 18-19); por Schönbein en 1863, utilizando peróxido de hidrógeno; y por Adler y Adler en torno a 1900, utilizando bencidina (Thorwald, 1966, pág. 23). Adler y Adler fueron pioneros en el uso de leucomalaquita verde en 1904 (Eckert y James, 1989, pág. 2); Medinger modificó su método en 1931 para que fuera más sensible (Söderman y O'Connell, 1935, pág. 226).

Otras pruebas presuntas de sangre fueron reveladas por Kastle y Sheed en 1901 y Kastle y Meyer en 1903, utilizando fenoltaleína; por Ruttan y Hardisty en 1912, utilizando o-toluidina; por Specht en 1937, utilizando luminol (3-aminoftalhidrazida); y por Gershenfeld en 1939, utilizando o-toluidina (Eckert y James, 1989, pág. 2).

En 1911, Abderhalden y Schmidt (1911, pág. 37) reportaron el revelado de huellas dactilares en la etiqueta de la botella de hidrato de tricetohidrendeno (ninhidrina). Este descubrimiento no fue explotado para la detección de huellas dactilares o sangre hasta 1954, cuando Odén (Odén y von Hofsten, 1954, pág. 449) produjo su formulación de ninhidrina sobre la base de acetona. El uso de este método para la mejora de las huellas dactilares en la sangre revolucionó el pensamiento en esta área de investigación forense. El énfasis se desplazó de las pruebas presuntivas de hemo, que generalmente requieren la opinión de expertos para interpretar los resultados de la prueba correctamente, y en reactivos más fáciles de usar que producen productos intensamente coloreados con otros componentes de la sangre, por lo general proteínas o sus productos de degradación.

El uso del tinte de proteína, amido negro (negro ácido 1), rápidamente se hizo popular entre los investigadores forenses. Su uso por parte el Laboratorio de la Policía Metropolitana, en una base de disolvente de metanol y ácido acético, se debatió en un simposio de la ciencia forense en 1961 por Godsell (1963, pág. 79). Esta formulación, con un cambio en el método para la fijación de sangre—desde el uso de calor para la inmersión en metanol (Faragher y Summerscales, 1981), junto con una formulación a base de agua del mismo colorante (Hussain y Pounds, 1989a)—continuó siendo recomendada para la mejora de las huellas dactilares en la sangre por parte del Ministerio del Interior del Reino Unido hasta 2004 (Kent, 2004), cuando se aprobó una nueva formulación por parte de Sears y Prizeman (2000, pág. 470).

También se han propuesto muchas otras manchas de proteínas para la mejora tanto de las huellas dactilares y las impresiones de calzado en la sangre: azul de Coomassie (azul ácido 83) y la doble tinción de Crowle (azul ácido 83 y rojo ácido 71) por Norkus y Noppinger en 1986 (Norkus y Noppinger, 1986, pág. 5); ácido fucsina (violeta ácido 19, rojo húngaro), azul patente V (azul ácido 1) y tartrazina (amarillo ácido 23) por Barnett y sus colegas en 1988 (Barnett et al., 1988); benzoxanteno amarillo y violeta ácido 17 por Sears y sus colaboradores en 2001 (Sears et al., 2001, pág. 28); y amarillo ácido 7 por Sears y sus colaboradores en 2005 (Sears et al., 2005, pág. 741).

Aunque el uso de colorantes de proteína se convirtió en el más popular para la mejora de las huellas dactilares en la sangre, la investigación sobre métodos presuntos de mejora continuó y, en 1976, Garner et al. (1976, pág. 816) propusieron el uso de tetrametilbenzideno (TMB) como el más seguro y tan fiable como la bencidina. Sugerencias para otras pruebas presuntivas siguen: tetraamino-bifenilo (TAB) y diaminobenzidina (DAB) en 1989 por Hussain y Pounds (1989b); fluoresceína en 1995 por Cheeseman y DiMeo (1995, pág. 631); y violeta leucocrystal (LCV) en 1996 por Bodziak (1996, pág. 45).

Además, se han realizado muchas modificaciones a las formulaciones de ninhidrina para aumentar su eficacia y seguridad: por Crown en 1969 (Crown, 1969, pág. 258) y Morris y Goode en 1974 (Morris y Goode, 1974, pág. 45). Otros cambios se vieron obligados a la comunidad de huellas dactilares debido a "El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono" (Programa Environ de las Naciones Unidas, 1999) y las nuevas formulaciones fueron propuestos por Watling y Smith en 1993

(Watling y Smith, 1993, pág. 131) y Hewlett y sus colegas en 1997 (Hewlett et al., 1997, pág. 300). El uso de tintas de transición de metal para cambiar el color o hacer que se vuelva fluorescente el producto de reacción entre aminas y ninhidrina también fue propuesto por Morris en 1978 (Morris, 1978), Everse y Menzel en 1986 (Everse y Menzel, 1986, pág. 446) y Stoilovic y sus colegas en 1986 (Stoilovic et al., 1986, pág. 432).

También se sugirió que el uso de uno de los diversos análogos de ninhidrina mejoraría la sensibilidad y muchos se han propuesto: benzo (f) ninhidrina en 1982 por Almog et al. (1982, pág. 912), 5-metoxininhidrina en 1988 por Almog y Hirshfeld (1988, pág. 1027), el DFO en 1990 por Grigg et al. (1990, pág. 7215) e indanodiona en 1997 por Ramotowski et al. (1997, pág. 131).

A finales de la década de 1970 y principios de la de 1980, los que revelaron fuentes de luz de alta intensidad observaron que las longitudes de onda más cortas de la luz en las regiones UV y violeta del espectro hacen superficies sean fluorescentes fuertemente. Esto puede proporcionar un detalle extra si una huella dactilar está en un material fuertemente absorbente de la luz, tal como la sangre (Hardwick et al., 1990). Este es un método especialmente valioso para la mejora de las huellas dactilares en la sangre, ya que el grupo hemo absorbe la luz a través de mucha de la parte visible del espectro (Kotowski y Grieve, 1986, pág. 1079).

Todos estos acontecimientos hicieron que a finales de la década de 1990, existieran tantos reactivos y formulaciones para la mejora de las huellas dactilares contaminadas con sangre e impresiones del calzado, con poco o nada de datos comparativos, que estaba causando una inmensa confusión entre los profesionales. Además, la aparición de los análisis de ADN colmó aún más la incertidumbre sobre qué técnicas podrían o deberían ser utilizadas para la mejora de la sangre, de manera que una prueba tan vital era probable que se pierda por las decisiones equivocadas. Por lo tanto, el Ministerio del Interior del Reino Unido se dispuso a aclarar la situación y comenzó un programa de trabajo para revisar y comparar la más utilizada de estas técnicas (Sears y Prizeman, 2000, pág. 470; Sears et al, 2001, pág. 28; 2005, pág. 741). Resultante de esta tarea colosal resultaron una serie de hallazgos clave que se incorporaron en una actualización integral para *El Manual de Técnicas de Desarrollo de Huellas Dactilares* en el año 2004 (Kent, 2004).

7.12.2 Teoría

La sangre se compone de glóbulos rojos (eritrocitos), glóbulos blancos (leucocitos) y plaquetas (trombocitos) en un fluido proteico llamado plasma, que constituye aproximadamente el 55% del volumen de sangre entera. Los glóbulos rojos contienen principalmente la proteína hemoglobina, pero también tienen proteínas de superficie específicas (aglutinógenos) que determinan el grupo sanguíneo. Los glóbulos blancos, que forman parte del sistema inmune, tienen un núcleo que contiene ADN.

La hemoglobina constituye aproximadamente el 95% del contenido de proteínas de los glóbulos rojos y está formado por cuatro subunidades de proteínas, cada una contiene un grupo hemo. El grupo hemo está hecho de un anillo de porfirina plano y un ion ferroso conjugado.

Los métodos químicos de mejora de sangre caen ampliamente en dos tipos: los que utilizan la agrupación del hemo para probar o inferir la presencia de sangre y los que reaccionan con las proteínas o sus productos de degradación. Estos últimos no son en absoluto específicos de la sangre; sin embargo, debido al alto contenido en sangre de proteína y productos de degradación de las proteínas, estas técnicas son las más sensibles a disposición del investigador forense (Sears et al., 2005, pág. 741).

7.12.3 Pruebas para Hemo

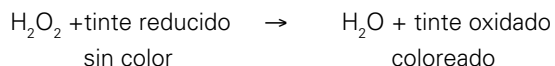
Hay dos tipos de pruebas que utilizan el grupo hemo de la hemoglobina: pruebas de cristal y pruebas catalíticas.

Las pruebas de cristal son específicas o de confirmación de la presencia de hemo, pero no si la sangre es humana o no. Las dos pruebas de cristal más conocidas son las formuladas por Teichmann y Takayama. Los resultados de las pruebas Teichmann en la formación de cristales romboédricos marrones de hematina y los resultados de las pruebas a Takayama en cristales rojo-rosa de piridina hemocromógeno (Palenik, 2000, pág. 1115; Ballantyne, 2000, pág. 1,324). Ambas pruebas tienen que llevarse a cabo *ex situ* también, por lo que no son de utilidad para la mejora de la huella dactilar.

Los ensayos catalíticos son sólo presuntos o infieren la presencia de hemo porque están sujetos a reacciones falsas positivas y falsas negativas causados por una variedad de sustancias no sanguíneas. En consecuencia, los resultados individuales requieren de una cuidadosa interpretación de los expertos. Todas estas pruebas se basan en la actividad



de la peroxidasa del grupo hemo (es decir, la capacidad de reducir el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno). Esta reacción se puede acoplar a la oxidación de tintes incoloros reducidos (por ejemplo, fenoltaleína, leucocristal violeta, tetrametilbenzidina y fluoresceína) que al oxidarse, forman sus homólogos de colores (Ballantyne, 2000, pág. 1324).



(Lee y Pagliaro, 2000, pág. 1333).

La prueba de luminol también se basa en la actividad de la peroxidasa del grupo hemo, pero utiliza perborato de sodio en lugar de peróxido de hidrógeno. Esto produce entonces un producto que tiene luminiscencia en presencia de sangre. La quimioluminiscencia blanco azulada es débil y debe ser vista en la oscuridad por un operador que está totalmente adaptado a la oscuridad para obtener lo mejor de esta prueba. Incluso con una aplicación cuidadosa de luminol, es muy fácil dañar el detalle fino de las huellas dactilares contaminadas con sangre. Esta técnica sólo debe utilizarse cuando no se requiere el detalle fino y cuando otras técnicas pudieran verse comprometidas por tipo o inviabilidad de superficie, tales como alfombras oscuras o estampados (Sears et al., 2005, pág. 741).

La mayor preocupación con las pruebas catalíticas para la sangre es que pueden producir resultados falsos positivos en la presencia de oxidantes químicos y catalizadores; sales de metales pesados como el cobre, níquel y hierro; y peroxidases vegetales tales como las que se encuentran en el rábano picante, cítricos y numerosos tubérculos (Lee y Pagliaro, 2000, pág. 1334). Una prueba de dos etapas puede obviar esto. El colorante incoloro reducido se aplica inicialmente y si no se observa cambio de color, a continuación, se añade el peróxido de hidrógeno. Un cambio de color en este punto es más probable que indique la presencia de sangre.

En general se acepta que un resultado negativo con una prueba catalítica demuestra la ausencia de sangre; sin embargo, los agentes reductores fuertes, tales como el ácido ascórbico, pueden inhibir tales pruebas (Eckert y James, 1989, pág. 121).

7.12.4 Pruebas para Proteínas y sus Productos de Degradación

Hay dos tipos de técnicas para las proteínas—aquellos que se tiñen de material proteico y aquellos que reaccionan con

aminas. La sangre contiene más proteínas que cualquier otro material, por lo que estas técnicas son inherentemente más sensibles que las de hemo, aunque no son en absoluto específicas para la sangre.

Los tintes más eficaces de proteínas para la mejora de las huellas dactilares en la sangre son un grupo conocido como colorantes ácidos. A menudo se caracterizan por la presencia de uno o más grupos de sulfonato ($-\text{SO}_3^-$), generalmente la sal de sodio (Na^+). Estos grupos funcionan de dos maneras: en primer lugar, proveen solubilidad en agua o alcohol, los principales disolventes favorecidos para estos colorantes; y, en segundo lugar, ayudan a la reacción en virtud de su carga negativa (aniónico). Si las condiciones ácidas se utilizan (el ácido acético siendo la opción preferida), las moléculas de proteína en la sangre adquieren una carga positiva (cationes) y esto atrae a los aniones de colorantes ácidos. Además, el enlace de hidrógeno y otras fuerzas físicas, tales como van der Waals, pueden desempeñar un papel en la afinidad de los colorantes ácidos con moléculas de proteína (Christie et al., 2000, pág. 19-20). La presencia de un alcohol de cadena corta en la solución de teñido ayuda a evitar que la sangre se difunda durante la etapa de teñido (Sears y Prizeman, 2000, pág. 470). El etanol se prefiere ya que ofrece menor toxicidad e inflamabilidad que el metanol. El uso de agua como disolvente principal da a la solución un punto de inflamación alrededor de 30°C , lo que permite que esta formulación (que contiene agua, etanol y ácido acético) sea utilizada en el lugar de los hechos con algunas precauciones simples (Kent, 2004).

Si las formulaciones del colorante ácido se aplican directamente a las huellas dactilares en la sangre sin una etapa de fijación, la sangre se solubilizará y las crestas se difundirán o serán completamente enjuagadas. Se han utilizado un número de diferentes agentes de fijación, pero los más eficaces son el ácido 5-sulfosalicílico y metanol. Cuál se utilice depende del disolvente principal empleado en el proceso de teñido: si el agua es el disolvente principal, entonces una solución de ácido 5-sulfosalicílico será más eficaz, mientras que si el principal disolvente de teñido es metanol, entonces el metanol es el mejor agente de fijación (Sears y Prizeman, 2000, pág. 470). Estos agentes de fijación actúan de diferentes maneras; el ácido 5-sulfosalicílico precipita proteínas básicas y el metanol deshidrata la sangre.

El uso de soluciones basadas en metanol ha disminuido por un número de razones, incluyendo su toxicidad, inflamabilidad y la tendencia a causar daños a las superficies

(por ejemplo, pinturas, barnices y algunos plásticos) y tiene un efecto negativo en el desarrollo de huellas dactilares. Esta etapa de fijación da a los tintes proteicos otra ventaja sobre las pruebas presuntivas de sangre: además de ser una prueba más sensible, a menudo produce crestas de huellas dactilares más claramente definidas y el detalle es más claro.

Una etapa de lavado se requiere posterior al teñido. En superficies no porosas, esto sólo elimina el exceso de tinte; sin embargo, en superficies porosas, esto también actúa como un blanqueador, eliminando el tinte que ha sido absorbido por la superficie del fondo. La solución de lavado tiene que ser construida con cuidado para que solubilice el tinte, que no difundir o lavar la huella dactilar teñida y retener la intensidad de color del colorante en la misma. Por esta razón, la misma mezcla disolvente que es utilizada para el proceso de teñido, o alguna pequeña variación de la misma, es generalmente más eficaz (Sears y Prizeman, 2000, pág. 470).

La ninhidrina y el DFO reaccionan con aminas y son las dos técnicas más utilizadas para el revelado de huellas dactilares latentes en superficies porosas (Figura 7-22). También son muy eficaces para la mejora de la sangre (Sears et al., 2005, pág. 741). Ambos reaccionan con los aminoácidos de manera similar para formar productos que contienen dos moléculas de desoxigenación del producto de partida, puentados por un átomo de nitrógeno que se donó a partir de la amina (McCaldin, 1960, pág. 39; Wilkinson, 2000a, pág. 87).

Aunque los mecanismos de reacción y los productos tienen similitudes, el método de su visualización es completamente diferente. La ninhidrina, bajo las condiciones adecuadas, produce un producto de color intenso (púrpura de Ruhemann) y el DFO genera un producto de color rosa pálido extremadamente fluorescente. El púrpura de Ruhemann se pueden hacer para generar fluorescencia al complementarlo con sales de metales, pero este proceso adicional todavía no es tan sensible como el DFO (Stoilovic, 1993, pág. 141). El DFO requiere calor para que la reacción proceda (Hardwick et al., 1993, pág. 65), mientras que la ninhidrina reacciona a temperatura ambiente, siempre que la humedad esté disponible, aunque el proceso avanza mucho más rápido a temperaturas y humedades elevadas.

7.12.5 Fluorescencia

El uso de la fluorescencia para mejorar las huellas dactilares en la sangre puede ser extremadamente eficaz. Hay

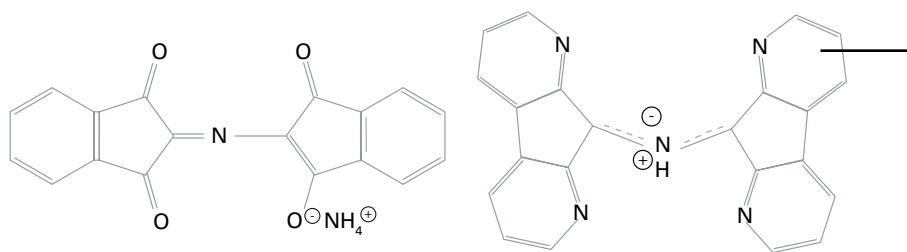
dos maneras en que esto puede lograrse: (1) por fluorescencia excitante en la superficie de fondo sobre el que se deposita la sangre o (2) por tratamiento con un producto químico que, o bien rompe el grupo hemo o convierte la sangre en una especie fluorescente, o hace ambas cosas.

Muchos materiales tienen fluorescencia cuando son excitados por luz de alta intensidad en las regiones UV y violeta del espectro. Esto es coincidentemente donde el grupo hemo es más absorbente, con un pico alrededor de 421 nm (conocido como Banda de Soret) (Kotowski y Grieve, 1986, pág. 1079). Esta absorción es el por qué van a aparecer oscuras las huellas dactilares contaminadas con sangre contra un fondo claro. El examen de fluorescencia se puede utilizar antes de cualquier otra técnica de mejora de la huella dactilar, ya que no es destructiva y si se utiliza luz UV de onda larga o ultravioleta (de 350-450 nm) (Hardwick et al., 1990) entonces, la tipificación del ADN también es afectada (Kent, 2004). El uso de ninhidrina, ácido negro 1 ó violeta ácido 17 pueden intensificar aún más el contraste entre la huella dactilar y el fondo mediante al aumentar las propiedades de absorción de luz de la sangre.

El uso de un ácido orgánico fuerte en combinación con peróxido de hidrógeno rompe el grupo hemo de modo que ya no es tan eficaz en la absorción de luz. Entonces, cuando es excitado por luz verde (500-550 nm) será fluorescente en color naranja. Este efecto también se ha señalado como edades de sangre.

El DFO y amarillo ácido 7 producen especies fluorescentes con sangre que pueden ser excitadas por luz verde (510-570 nm) y azul (420-485 nm), respectivamente. Ambos pueden ser menos eficaces en los depósitos pesados de la sangre debido a que el grupo hemo conserva su capacidad de absorber tanto la luz de excitación y la emitida como fluorescencia.

7.12.5.1 Aplicación. Actualmente se considera que el examen de fluorescencia, dos reactivos de aminoácido y tres colorantes ácidos son los medios más eficaces para la mejora de las huellas dactilares en la sangre (Sears et al., 2005, pág. 741). Las técnicas más apropiadas a utilizar para eficacia máxima, ya sea individualmente o en orden secuencial, dependen de la porosidad de la superficie a tratar. Esto se aplica tanto para el revelado de huellas dactilares latentes y la mejora de las huellas dactilares contaminadas con sangre.

**FIGURA 7-22**

Los productos de reacción para la reacción de ninhidrina (izquierda) y DFO (derecha) con aminas.

Probar la superficie para la fluorescencia siempre debe llevarse a cabo antes de cualquier otra técnica. Las fuentes de luz de alta intensidad con salidas de entre 350 y 450 nm son las más efectivas. Cuando las huellas dactilares contaminadas con sangre o latentes están sobre superficies porosas, la secuencia más eficaz de las técnicas es con DFO, ninhidrina, ya sea ácido negro 1 ó ácido violeta 17 (después de llevar a cabo una prueba de la mancha para ver cuál es la más adecuada) y finalmente revelador físico (Sears et al., 2005, pág. 741).

Cuando las huellas dactilares contaminadas con sangre o latentes están en superficies no porosas, la secuencia más eficaz de las técnicas es por medio de VMD, polvos, amarillo ácido 7, ácido violeta 17 y finalmente, ya sea física revelador físico o solvente negro 3 (negro Sudán). El superpegamento puede utilizarse en lugar del VMD o los polvos, pero esto va a inhibir el proceso de teñido de sangre mediante la prevención de que el colorante llegue a la sangre (Sears et al., 2005, pág. 741).

La solución activa de DFO y ninhidrina debe aplicarse por inmersión o por cepillado con un cepillo suave sobre los artículos más grandes o superficies. Se recomienda que el DFO se caliente a 100°C durante 20 minutos; sin embargo, cuando esto no es posible, pueden ser utilizadas temperaturas tan bajas como 50°C, pero la velocidad de reacción es mucho más lenta (Hardwick et al., 1993, pág. 65). Se recomienda que los artículos o superficies tratados con ninhidrina se calienten a 80°C y humidificados a 65% de humedad relativa. Sin embargo, la reacción procederá a temperatura y humedad ambiente, pero más lentamente.

Las fuentes de luz de alta intensidad capaces de emitir longitudes de onda entre 510 y 570 nm deben ser utilizadas para excitar la fluorescencia de la sangre que ha hecho reacción con DFO. La fluorescencia emitida es de entre 550 y 650 nm. Los beneficios también pueden obtenerse mediante el uso de longitudes de onda más cortas, entre 350 y 450 nm, para excitar la fluorescencia de fondo después del tratamiento con ninhidrina.

Los tres colorantes ácidos recomendados, ácido negro 1 (CI 20470), violeta ácido 17 (CI 42650) y amarillo ácido 7 (CI 56205) deben ser aplicados todos a la sangre fija durante al menos 5 minutos con una solución de ácido 5-sulfosalicílico. El teñido de sangre fija es más eficaz si el área de interés se sumerge en la solución de teñido durante al menos 3 minutos para el ácido negro 1 y violeta ácido 17 y durante al menos 5 minutos en el caso del amarillo ácido 7. Las zonas fuertemente contaminadas con sangre requieren tiempos más largos de teñido. Si no es posible sumergir las huellas dactilares ensangrentadas, entonces la solución de teñido debe ser aplicada por encima de la zona de interés y dejarse fluir hacia abajo sobre ésta, manteniendo el área húmeda durante el tiempo especificado. Un pozo puede construirse alrededor de la zona de interés en superficies horizontales, el cual puede inundarse y drenarse según corresponda.

Las áreas de interés entonces necesitarán ser lavadas o desmanchadas para eliminar el exceso de tinte. La solución más eficaz para hacer esto es la misma composición disolvente que la solución de tinte, lavándola según sea necesario para eliminar el exceso de tinte o desmanchar el fondo.

Las fuentes de luz de alta intensidad capaces de emitir longitudes de onda entre 420 y 485 nm deben ser utilizadas para excitar la fluorescencia de la sangre teñida con amarillo ácido 7. La fluorescencia emitida es de entre 480 y 550 nm. El uso de longitudes de onda más cortas entre 350 y 450 nm, para excitar la fluorescencia de fondo después del tratamiento con negro ácido 1 ó violeta ácido 17, puede ser benéfico.

El trabajo llevado a cabo por el Ministerio del Interior del Reino Unido ha demostrado que la identificación de ADN positivo se puede hacer después del examen de fluorescencia y de cualquier tratamiento químico, siempre que se sigan las pautas simples. Si la técnica de revelado de más de una huella dactilar se utiliza en secuencia, entonces las posibilidades de llevar a cabo con éxito la identificación del ADN serán mucho más reducidas (Kent, 2004).

El trabajo del Reino Unido ha demostrado que la formulación más eficaz para los colorantes ácidos es la siguiente (Sears et al, 2005, pág. 741):

Solución de fijación-46 g de deshidrato de ácido 5-sulfosalicílico disuelto en 1 L de agua.

Solución de tinción-1 g de tinte ácido disuelto en 700 ml de agua destilada, 250 ml de etanol y 50 ml de ácido acético.

Solución de lavado-700 ml de agua, 250 ml de etanol y 50 ml de ácido acético.

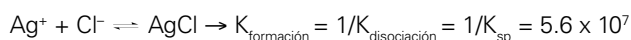
Las soluciones de tinción y lavado son inflamables. Se deben tomar precauciones de seguridad si se utilizan estas soluciones fuera de una campana de extracción con una temperatura ambiente superior a 28°C (Kent, 2004).

7.13 Técnicas Acuosa

Esta sección abarca cuatro métodos de deposición acuosa de metal comúnmente utilizados: los que implican reactivos de nitrato de plata, reveladores físicos de plata, procesos de deposición multimetálicos y reactivos de pavonado. Cada uno de estos métodos implica reactivos con sales de metales disueltos en un vehículo acuoso (o un alcohol, como en el caso de algunos reactivos de nitrato de plata). Estos reactivos revelan huellas latentes y resistentes al agua, tales como las impresiones sebáceas (a excepción de los reactivos de nitrato de plata utilizados en superficies porosas que se dirigen a la sal). Aquí, los iones metálicos se reducen a partículas de metal en el residuo de la impresión latente (excepto para el caso de las huellas latentes sobre el metal, donde el residuo de impresión resiste a la deposición).

7.13.1 Reactivos de nitrato de plata

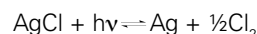
7.13.1.1 Historia y antecedentes. Uno de los primeros reactivos utilizados para el revelado de las impresiones latentes sobre superficies porosas fue una solución acuosa al 1-3% de nitrato de plata, AgNO_3 . Fue utilizada en 1891 para este fin (Forgeot, 1891; Rhodes, 1940, pág. 10). La mayoría de las fórmulas ahora incluyen un alcohol para acelerar el secado y para aumentar la humedad (reducir la tensión superficial) (Lee y Gaensslen, 2001, pág. 105-175). Los iones de plata en el nitrato de plata reaccionan con los iones de cloruro en la sal (cloruro de sodio, NaCl) contenidos en el residuo de la impresión latente para formar cloruro de plata (AgCl), una sal altamente insoluble ($K_{ps} = 1.8 \times 10^{-10}$) (Dean, 1985).



Hay al menos dos razones por las que el tratamiento de nitrato de plata funciona bien en superficies porosas. Una es que el proceso de precipitación es mucho más rápido que el proceso de disolución; es decir, la reacción para formar el AgCl insoluble es más rápida que la capacidad del vehículo acuoso para disolver la sal NaCl soluble. La segunda razón es que el AgCl insoluble queda atrapado dentro de la estructura o de la "micro-rugosidad" de la superficie porosa (Kerr et al, 1981, pág. 209-214); es decir, el residuo de la impresión latente fresca está en una forma acuosa o semiacuosa que penetra en la superficie porosa, llevando sus constituyentes con él.

Un reactivo de nitrato de plata basado en etanol al 3% (w/v) (90% de etanol y 10% de agua) revela impresiones en superficies repelentes al agua tales como papel encerado, cartón con un acabado de cera y la espuma de poliestireno (Trozzi et al., 2000). Aquí, el etanol se utiliza para reducir la disolución del NaCl en el residuo de las huellas dactilares, para humedecer mejor la superficie (debido a que estas superficies son generalmente repelentes al agua) y para dar una evaporación más rápida. Como era de esperarse, debido a la baja porosidad de tales superficies, las impresiones reveladas sobre estas superficies son más frágiles que las de superficies porosas como papel y madera.

Bajo luz de una sala común, el cloruro de plata se convierte poco a poco por medio de foto-reducción en plata elemental; sin embargo, esto se acelera con la radiación UV. El revelado más eficiente se produce con la radiación UV de onda corta (254 nm); sin embargo, la radiación UV de onda larga más segura (366 nm) también revela impresiones, pero menos eficientemente (Goode y Morris, 1983).



La plata elemental formada es de color marrón oscuro a negro (no es de color plateado). La razón de esto es que los depósitos de plata son como un agregado de diminutas partículas de plata (de tamaño coloidal), lo que hace que una superficie muy porosa atrape la mayor parte de la luz que incide sobre ella. La formación de la plata oscura que atrapa la luz sucede porque los iones de plata se reducen muy rápidamente.

7.13.1.2 Aplicación (superficies porosas y repelentes al agua). El reactivo del nitrato de plata se aplica generalmente a los especímenes por inmersión en la solución o pulverizando la solución sobre las muestras. El FBI (Trozzi



et al., 2000, pág. 38-39) recomienda la formulación al 3% de AgNO con base de agua para superficies porosas y la formulación del AgNO₃ al 3% con base de etanol para superficies repelentes al agua.

Champod et al. (2004, pág. 153-154) recomiendan el reactivo a base de metanol con AgNO₃ al 2% para superficies porosas. Después del secado, las muestras se exponen a una fuente de luz de alta intensidad, luz UV o luz solar para revelar las impresiones. Tan pronto como se revelan las impresiones, son fotografiadas y las muestras se almacenan en la oscuridad. Con el tiempo, el fondo se oscurece debido a la reducción gradual de cualquier nitrato de plata residual en las muestras (esta reducción se acelera si se expone a la luz). Enjuagar las muestras después del revelado y secándolas después en la oscuridad hace poco para frenar el revelado del fondo.

Goode y Morris (1983) reportaron en 1983 que sumergir las muestras en ácido etilendiaminotetraacético disódico (Na₂EDTA) complementa los iones de plata en exceso, que luego se pueden enjuagar fácilmente con agua. Su procedimiento de nitrato de plata modificado (MSN) utiliza una solución acuosa de nitrato de plata al 1% que contiene también 5% de Na₂EDTA y 3% de K₂CO₃. El procedimiento del MSN implica (1) el tratamiento de las muestras con este reactivo modificado con el tiempo suficiente para mojar la superficie; (2) transferir a un 1% (w/v) de solución de Na₂EDTA y dejándolos durante 1 minuto; (3) la eliminación y lavado a fondo con agua destilada y; finalmente, (4) colocándolos en una solución de tiourea al 5% que contenga 1% de KOH durante unos 30 segundos a 2 minutos. El primer paso crea el cloruro de plata de los iones de cloruro en la impresión latente y el último paso lo convierte a sulfuro de plata negra. Más tarde, en 1998, Price y Stow (1998, pág. 107-110) recomiendan sumergir las muestras en una "solución de parada" que consiste en una solución acuosa de metanol al 40%, ácido acético al 20% y 2% de glicerol para suprimir el revelado ulterior del fondo.

7.13.1.3 Mejora. Según Lennard y Margot (1988, pág. 197-210), las impresiones débilmente reveladas se podrían mejorar mediante el tratamiento de las muestras con una solución de revelado físico de plata diluida. El factor de dilución es 1:10. Goode y Morris (1983) discuten un método potenciador radiactivo que convierte una impresión de plata impresa en una radioactiva, la impresión de sulfuro de plata con emisores β , que luego es convertida en imagen usando película radiográfica (este proceso de registro de imagen se denomina a veces autorradiografía o radiografía

β). Si el tratamiento original de nitrato de plata no mancha significativamente el fondo con plata, entonces este método dejará ver sólo las impresiones reveladas con poca o ninguna interferencia de fondo. El proceso, descrito por Goode y Morris (1983) y revisado por Cantu (2001, pág. 29-64), implica la conversión de la plata en la imagen de plata al bromuro de plata (AgBr), usando métodos de bromación (blanqueo) y luego el tratamiento de ésta, ya sea con el sulfuro de sodio o tiourea (donde el azufre es radioactivo ³⁵S) para convertir el AgBr a Ag₂ ³⁵S. El proceso se llama tonificación radiactiva. Si el procedimiento MSN se utiliza, el cual arroja una impresión de sulfuro de plata, entonces se utilizará radioactivo tiourea para formar Ag₂ ³⁵S.

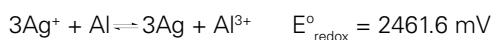
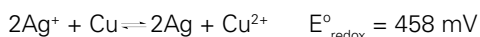
7.13.1.4 Limitación. El principal inconveniente del método de nitrato de plata es que los iones de cloruro en el residuo de la impresión latente se difunden a través del tiempo y la humedad acelera esta difusión. Esto afectará a la resolución (detalles de la cresta) de la impresión revelada. Normalmente, las impresiones no mayores de 1 semana se revelarán bien; sin embargo, uno debe tratar de examinar la evidencia tan pronto como sea posible para evitar esta difusión. Según Goode y Morris (1983), en un ambiente interior en el Reino Unido, las impresiones en superficies porosas duran más tiempo (meses) en el invierno que en el verano (días o semanas). Sin embargo, indican que estos efectos dependen de factores tales como el tipo de superficie (las impresiones duran más tiempo en el papel que en la madera en bruto) y, por supuesto, la humedad relativa. Por esta razón, el reactivo de nitrato de plata se utiliza ahora en casos especiales. El revelador físico de plata y los métodos de deposición multimetálicos son más comúnmente utilizados para los componentes insolubles en agua, pero no se dirigen a los iones de cloro.

7.13.1.5 El uso de nitrato de plata sobre metales. La discusión hasta ahora ha sido sobre el uso de nitrato de plata en ciertas superficies brillantes (repelente al agua) y porosas para revelar impresiones que soporten cloruro. El nitrato de plata se ha utilizado también en algunas superficies metálicas, tales como los casquillos de bala, para revelar grabados mediante el depósito de plata en todas partes (dando una apariencia metálica gris a negra) excepto donde la huella latente se asienta (Olsen, 1978; Cantú et al, 1998, pág. 294-298). Es decir, el nitrato de plata resalta "impresiones que soportan lípidos," porque tales impresiones protegen la superficie del metal en la que se encuentra que reaccionan con el nitrato de plata. (Si los iones de cloruro están presentes en el residuo de la impresión latente, se forma cloruro de plata; sin embargo, el contraste

de la impresión contra el fondo permanece y puede incluso ser mejorado a través de la reducción de cloruro de plata a plata oscura.) La reacción habitual de los iones de plata (Ag^+) con la superficie metálica es:



Aquí, M representa el metal y M^{n+} es un ion correspondiente. Se dice que la plata desplaza al metal M. Al observar el emplazamiento de la plata en las series electromotrices (ver la Tabla 7-4), observamos que la plata puede desplazar al cobre, hierro, níquel, zinc, plomo y aluminio.



Aquí, por ejemplo, $E^\circ_{\text{redox}}(\text{Ag}^+/\text{Ag}; \text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = E^\circ_{\text{red}}(\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}) + E^\circ_{\text{ox}}(\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2e^-)$ se calcula de los potenciales de reducción estándar (Tabla 7-4) (Dean, 1985; Weast, 1986). Un valor positivo de E°_{redox} indica que la reacción de redox es termodinámicamente favorable, pero no dice nada acerca de la tasa o velocidad de la reacción. Otra consideración es que estos metales se oxidan, algunos más fácilmente que otros, y esto crea una película de óxido sobre la superficie metálica. Si una impresión se colocó ante el metal oxidado, la impresión puede mostrarse naturalmente, dado el tiempo suficiente (algunos se refieren a esto como que la impresión ha sido “grabada” en el metal). Sin embargo, si se coloca después de la película de óxido formada, a menudo será difícil para el reactivo de nitrato de plata oxidar adicionalmente el metal en esta película de óxido; por lo tanto, la deposición de la plata y el posterior revelado de la impresión puede ocurrir pero no tan fácilmente. La formación de una capa de óxido protector, impermeable se denomina pasivación (Atkins, 1990, pág. 927).

7.13.2 Reveladores Físicos de Plata

7.13.2.1 Historia y antecedentes. El revelador físico de plata se originó en la química fotográfica como un método alternativo para el revelador químico para el revelado de la película (Cantu, 2001, pág. 29-64; Bunting, 1987, pág. 85; Cantu y Johnson, 2001, pág. 242-247). La exposición de bromuro de plata o cristales de yoduro de plata a la luz hace motas de plata se formen en la superficie de cristal (Walls y Attridge, 1977, pág. 104-108). Estos se convierten en “centros de revelado” (o “sitios de activación”), ya sea para el revelado químico o físico. Un revelador físico de plata deposita la plata sobre cristales de bromuro de plata expuestos, mientras que un revelador químico reduce el

Tabla 7-4

Potenciales de reducción estándar de muchas especies iónicas y moleculares.

(E°) en mV	Potencial estándar de reacción media
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1776
$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	+ 1498
$2\text{Cl}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+ 1358
$\text{OCl}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	+ 810
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+ 799.6
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+ 771
$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$	+ 740
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + 2\text{NH}_3$	+ 373
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+ 341.9
$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$	+ 342
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0.0
$\text{Fe}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	- 37
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	- 126.2
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	- 257
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	- 447
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	- 761.8
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	- 1662

bromuro de plata expuesta a plata. El baño fijador, en el primer caso, elimina los cristales de bromuro de plata no expuestos y también los cristales de bromuro de plata expuestos (dejando detrás la plata depositada en ellos), mientras que en este último caso, sólo se elimina el bromuro de plata no expuesto porque el bromuro de plata expuesto ha sido convertido a plata.

Debido a este proceso, el revelador físico de plata pronto se hizo conocido como uno de los reactivos más sensibles para la detección de rastros de plata (Feigl y Anger, 1972, pág. 423-424). Los examinadores de huellas latentes (Collins y Thomas) en el Reino Unido reconocieron éste durante la década de 1970 (Goode y Morris, 1983) y lo aplicaron en primer lugar a las impresiones presentadas para el depósito de metal al vacío. Luego ampliaron su uso a

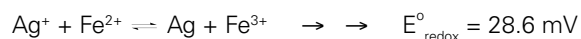


otras sustancias como telas y papel. Se encontró desde el principio que el revelador físico de plata funciona mejor en superficies porosas que no porosas. Además, nadie sabía realmente qué sustancias en los residuos de huellas latentes eran responsables de causar que el revelador físico de plata trabajara. Es decir, nadie sabía lo que había en los residuos de huellas dactilares que actuara como un centro de revelado o un sitio de activación (tal como las motas de plata). No fue sino hasta recientemente que surgieron algunas explicaciones plausibles o razonables.

Un revelador físico de plata es una solución acuosa que contiene iones de plata y un agente reductor que reduce los iones de plata a plata, pero también contiene otros dos conjuntos de productos químicos: un conjunto mantiene el agente reductor de la reducción de los iones de plata a plata elemental a menos que una “sustancia desencadenadora” esté presente (por ejemplo, los cristales expuestos de bromuro de plata en película fotográfica), y el otro conjunto mantiene la solución estable. El primer conjunto suprime la capacidad reductora del agente reductor hasta el punto de que la reducción se produce sólo cuando los sitios de activación están presentes. Esto, por lo tanto, suprime la formación de plata elemental en la solución. Sin embargo, debido a este delicado equilibrio, se produce cierta reducción espontánea mediante la cual las partículas de plata de tamaño coloidal (nanopartículas) se forman en la solución y, debido a que estos son sitios de activación (es decir, son motas de plata) que crecen. Crecen de forma autocatalítica; es decir, la plata que se forma activa la reducción de más plata. Así, el segundo conjunto de productos químicos suprime este crecimiento.

El revelador físico plata utilizado actualmente para el revelado de huellas latentes en superficies porosas contiene iones de plata (nitrato de plata) e iones ferrosos (sulfato ferroso amónico) como los principales componentes; ácido cítrico y iones férricos (nitrato férrico) como el conjunto de los productos químicos que inhiben la formación de partículas de plata coloidal formadas espontáneamente; y tensoactivo catiónico y no iónico como el conjunto de productos químicos que inhiben el crecimiento de tales partículas.

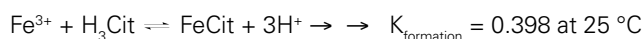
La ecuación neta para la reacción de plata-deposición es:



E_{redox}° is computed from Table 7-4.

Agregar ácido cítrico reduce la concentración de los iones ferrosos a través de la formación de citrato férreo y cambia

el equilibrio de $\text{Ag}^+ + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Fe}^{3+}$ a la derecha (formando plata elemental).



Sin embargo, por cada molécula de citrato férrico formada, tres protones se liberan y estos orientan el equilibrio a la izquierda (supresión de la formación de plata elemental). La reacción general es:



Por lo tanto, la adición de ácido cítrico reduce el E_{redox}° de 28.6 mV a 5 mV. Esta reducción facilita el ajuste de las concentraciones de los componentes (ácido cítrico y las sales férrica, ferrosa y de plata), de modo que la reducción de iones de plata a nanopartículas de plata elementales se produce sólo en los sitios de activación y no en solución. Sin embargo, incluso con esta supresión de su tasa de formación, los que sí se forman se convierten en sitios de nucleación (de activación) sitios para su posterior deposición de plata (el proceso es autocatalítico) y, en consecuencia, crecen hasta precipitarse. Esto eventualmente agotará la mayor parte de la solución de iones de plata (dependiendo de la concentración de iones ferrosos inicialmente presentes).

Para dar estabilidad a la solución, las partículas de plata formadas de alguna manera deben haber bloqueado su capacidad de activación. Aquí es donde los tensoactivos se vuelven importantes.

Cuando las nanopartículas de plata se forman espontáneamente, se rodean por iones de citrato (cada uno de los cuales lleva tres cargas negativas) en solución y por lo tanto adquieren una carga negativa. El tensoactivo principal usado para suprimir el crecimiento de las nanopartículas de plata formadas espontáneamente es un tensoactivo catiónico cargado positivamente, acetato de n-dodecilamina. La razón de la elección de un tensoactivo catiónico es que ayuda a suprimir la carga negativa de las nanopartículas de plata formadas. Esto entonces reduce la atracción de los iones de plata positivos hacia las partículas y por lo tanto reduce la posibilidad de su crecimiento (por la reducción de plata en su superficie). El tensoactivo catiónico rodea la partícula de plata cargada negativamente de manera escalonada, con muchos extremos positivos que apuntan hacia la partícula como en dirección opuesta a la misma (Cantu, 2001, pág. 29-64; Cantu y Johnson, 2001, pág. 242-247; Jonker et al., 1969, pág. 38-44). Esta partícula encapsulada de tensoactivo se dice que está encerrada en una

micela. Un agente tensioactivo no iónico, Synperonic-N, se utiliza en conjunción con el acetato de n-dodecilamina para ayudar a la disolución de este último.

En la película o papel fotográfico expuesto, el revelador físico de plata actúa reduciendo sus iones de plata en las motas de plata (sitios de nucleación) que se encuentran en la superficie de los cristales de bromuro de plata expuestos y en ningún otro lugar. Siendo un proceso autocatalítico, la deposición de plata en los sitios de nucleación continúa hasta que se detenga, por ejemplo, mediante la eliminación de la muestra de la solución y el enjuague con agua. El revelador físico de plata tensoactivo estabilizado permanece estable y activo durante varias semanas. Si los iones de plata entran en contacto con iones hidroxilo, (AgOH) se forma hidróxido de plata insoluble, que se convierte en óxido de plata marrón-negro de (Ag₂O). Hoy en día, la mayoría del papel es alcalino (básico), ya que contiene carbonato de calcio (CaCO₃) como relleno. Cuando está mojado, es básico y se vuelve negro cuando se sumerge en una solución de nitrato de plata y se seca a un color marrón-negro. En consecuencia, el papel alcalino debe ser neutralizado antes de someterlo al revelado físico de plata. Cualquier ácido que no suministre cloruros (que reaccionan con la plata para formar AgCl insoluble) neutralizará el CaCO₃. La reacción de neutralización implica la liberación de burbujas de dióxido de carbono:



Los siguientes son los rudimentos de algunos conceptos que ayudan a explicar cómo el revelador físico de plata visualiza huellas latentes en superficies porosas.

La carga de residuos de impresiones latentes (a pH bajo). Es fortuito que el revelador físico de plata es ácido, con un pH de aproximadamente 1.38 ya que esto ayuda a explicar por qué funciona en el revelado de las huellas latentes sobre superficies porosas. Se sabe (Saunders, 1989) que cuando el residuo de impresión latente (sobre un sustrato poroso o no poroso) se sumerge en una solución de oro coloidal con pH <3, las nanopartículas de oro coloidal se depositan selectivamente sobre el residuo. Esto sugiere que a un pH <3, el residuo de impresión latente adquiere una carga positiva. También se sabe que el oro coloidal a pH bajo se utiliza para "manchar" proteínas y esto ocurre porque, a un pH bajo, los grupos amina en las proteínas (por ejemplo, R-NH₂) adquieren una carga positiva sobre la protonación (R-NH₃⁺). Por lo tanto, una posibilidad es que el residuo de la impresión latente contenga proteínas

que inicialmente se dispersaron en residuo de la impresión latente, pero, después del secado, se convirtieron en no dispersables. También se sabe que los alquenos (olefinas) pueden adquirir una carga positiva en un ambiente ácido (se forma, ya sea un ion carbonio o un alcohol protonado). Por lo tanto, otra posibilidad es que el residuo de la impresión latente contenga olefinas.

El área de superficie de las proteínas en las superficies porosas y su unión a la celulosa. Se reconoció desde el principio que el revelador físico de plata funciona mejor en superficies porosas, superficies particularmente basadas en celulosa, como el papel y el cartón. Cuando el residuo de impresión latente se coloca sobre tales superficies, la porosidad de las superficies causa que el residuo penetre y por lo tanto cubra una gran área de la superficie; esto entonces expone más sitios de nucleación (de activación) para el revelado físico de plata que si no se extendiera (como en una superficie no porosa). Además, si están presentes aminas (como en las proteínas), pueden formar enlaces de hidrógeno con los grupos de hidroxilo en la celulosa.

El depósito de partículas de plata en el residuo de impresiones latentes. En el revelador físico de plata, una nanopartícula de plata recién formada está cargada negativamente (debido a los iones de ácido cítrico adheridos) y atrae la "cabeza" de la amina positiva (RNH₃⁺) de varias moléculas de surfactante, que finalmente envuelven toda la partícula (en la configuración escalonada, mencionada anteriormente). Sin embargo, la nanopartícula también se siente atraída por el residuo de impresión latente con carga positiva. Una vez que una de estas nanopartículas alcanza el residuo, se neutraliza. La avalancha de deposición de partículas de plata se produce en esta partícula inicial (porque cada partícula de plata es ahora un sitio de la nucleación - efecto autocatalítico) y crece. El resultado final es una aglomeración de numerosas partículas "crecidas" (alrededor de 10 a 40 μ de diámetro) a lo largo del resto de la impresión latente.

Formulación. La formulación del reactivo revelador físico de plata dispuesto en la Sección 7.14 es la formulación original británica (Kent, 1998), que es muy similar a la formulación holandesa (Jonker et al., 1969, pág. 38-44) utilizada en la foto fabricación de tableros de circuito. El procedimiento para la visualización de las impresiones en superficies porosas; sin embargo, implica tres etapas: una etapa de tratamiento previo, el paso del revelado físico de plata y una etapa de tratamiento posterior.



Existen otras formulaciones para los reveladores físicos de plata (Cantu, 2001, pág. 29-64), pero uno que se utiliza actualmente por muchos se basa en el uso de agua de alta pureza, como la de las unidades de purificación de agua que utilizan tecnologías de ósmosis inversa y desionización (el agua se conoce como agua RO/DI). Mediante el uso de tal agua, se necesita menos detergente (2.8 g de cada uno, en lugar de 4.0 g) (Kent, 1998), aunque el rendimiento se ve afectado adversamente. Sin embargo, Burow et al. (2003, pág. 1094-1100) demostró que también se puede reducir la cantidad de otros componentes y terminar con un reactivo que funcione tan bien o mejor que el reactivo tradicional (lo hace; sin embargo, implica la adición de ácido málico al reactivo); la reducción de costos es de aproximadamente el 16%. Seifert, Burow, y Ramotowski (desde el laboratorio forense del Servicio Secreto) mostraron (resultados no publicados) que Tween 20 se puede utilizar en lugar de Synperonic-N.

El paso de hipoclorito es un paso de mejora. Hace dos cosas: ilumina (blanquea) el papel y oscurece la impresión de plata. La impresión se hace más oscura a través de la formación de óxido de plata ($\text{OCl}^- + 2\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{Cl}^-$ $E^\circ_{\text{redox}} = 550 \text{ mV}$; véase la Tabla 7-4). Otros métodos de mejora son tratados por Cantu (2001, pág. 29-64), así como métodos de blanqueamiento. Un método de blanqueamiento, utilizado con éxito al mostrar una impresión revelada encontrada en una impresión altamente marcada, convierte la impresión de plata en una impresión de yoduro de plata blanquecino y se oscurece el fondo a través de la reacción de almidón-yodo (Cantu et al., 2003, pág. 164-168).

7.13.2.2 Aplicación. El procedimiento para utilizar el revelador físico de plata involucra tres tratamientos en secuencia y en la misma bandeja de vidrio. El último punto es importante, ya que simplifica el proceso y ahorra tiempo. Se basa en el hecho de que el reactivo residual de un tratamiento no afecta el rendimiento del siguiente tratamiento. Los tres tratamientos son el pretratamiento con ácido, el tratamiento de revelador físico de plata y el post-tratamiento con hipoclorito. De vez en cuando, un pretratamiento de agua destilada precede a estos para eliminar cualquier suciedad o tierra de los especímenes. Éste, así como los otros tratamientos, elimina cualquier impresión revelada con ninhidrina y la escritura o la impresión con tintas solubles en agua (por ejemplo, algunas tintas de pluma con bola de rodillo y tintas de impresión de inyección de tinta). También, un post-tratamiento de agua del grifo se realiza entre el revelado físico de plata y el post-tratamiento de hipoclorito. Una vez más, todo esto se hace en una bandeja de vidrio.

Water Pretreatment—This is designed to remove dirt and soil, if present.

Pretratamiento ácido—Éste reacciona con el carbonato de calcio en papel alcalino, causando la liberación de dióxido de carbono en forma de burbujas y neutraliza el papel.

Tratamiento de revelador físico de plata—Éste se realiza bajo la luz tenue para evitar la foto-reducción de iones de plata a plata elemental (que se traduce en el revelado de fondo y debilitamiento del reactivo). La bandeja se balancea hacia atrás y hacia adelante; dentro de 10 minutos, las impresiones comienzan a revelarse y continúan con el aumento de contraste. Un buen revelado se produce dentro de 10-30 minutos.

Post-tratamiento de agua—Éste se realiza con agua potable del grifo durante unos 5 minutos para eliminar el exceso de revelador físico de plata (y cualquier cloruro de plata que se pueda formar).

Post-tratamiento de hipoclorito—El tiempo de tratamiento es de aproximadamente 2-3 minutos. Esto aligera el fondo y oscurece la impresión de plata.

Lavado y secado—Las muestras se lavan con agua del grifo y se secan (por ejemplo, mediante el uso de una secadora de fotografías o por secado al aire sobre papel secante).

7.13.3 Métodos de Depósito Multimetálico

7.13.3.1 Historia y antecedentes. A finales de la década de 1980, el Dr. George Saunders, ya luego con el Laboratorio Nacional de Los Alamos en Los Álamos, Nuevo México, visitó el laboratorio forense del Servicio Secreto para compartir ideas acerca de las técnicas para el revelado de huellas dactilares latentes. Presentó una idea novedosa que inicialmente llamó Proceso Universal para la Detección de Huellas Dactilares y, más tarde, puesto que se trataba del depósito de dos metales, el Método de Depósito Multimetálico (MMD). Él basó su idea en un método existente utilizado para la tinción de proteínas, anticuerpos y otras macromoléculas (por ejemplo, proteínas separadas en las membranas o geles). Este método de tinción involucró la tinción con oro coloidal (por lo que el oro coloidal se une a la macromolécula) y la mejora (o amplificación) esta “señal” de oro o mancha con un revelador físico de plata.

La unión de oro coloidal a las proteínas se observó por primera vez en 1939 por Kausche y Ruska (1939, pág. 21-24). En 1971, Faulk y Taylor (1971, pág. 1081-1083) utilizaron esta

propiedad para unir el antisuero de la anti Salmonella y luego el coloide recubierto resultante se utilizó para etiquetar la superficie de la bacteria Salmonella. El mecanismo de etiquetado era detectable a través de la imagen microscópica de electrones del oro. En 1983, DeMey (1983, pág. 82-112) utilizó el oro sin recubrimiento para teñir directamente proteínas en la superficie de la membrana. También en 1983, Holgate et al. (1983, pág. 938-944) mostró que una mancha de oro se puede intensificar con tinción de plata. Básicamente, reconocieron que los coloides de oro son (1) partículas negativas altamente cargadas que se unen a muchas macromoléculas y (2) sitios de activación para el revelado físico de plata. Las partículas de oro coloidal adquieren su carga negativa a través de la adsorción de iones de citrato (cada uno lleva tres cargas negativas) en su superficie (los iones de citrato provienen del citrato de sodio utilizado en la formulación).

Saunders sabía que los residuos de la huella dactilar contienen macromoléculas como las proteínas y lipoproteínas y, por lo tanto, deberían poder ser visualizados a través de la tinción y la mejora de la capacidad del oro coloidal y la técnica del revelador físico. Formuló su propia solución de oro coloidal utilizando el método de Frens (Frens, 1973, pág. 20-22) y revelador físico de plata. Llamó a este último revelador físico modificado para distinguirlo del revelador físico de plata tradicional utilizado para visualizar las impresiones latentes sobre superficies porosas. Al formular sus propios reactivos, fue capaz de optimizarlos. Se encontró que el proceso visualizaba impresiones latentes en superficies porosas y no porosas; incluyendo superficies como vidrio, metal, cerámica y plástico, ya sean oscuros o claros.

Por lo tanto, el proceso de MMD es básicamente un proceso de revelado físico de plata que está precedido por un tratamiento con oro coloidal; el tratamiento de oro ofrece al residuo de la impresión latente los sitios de nucleación (coloides de oro) para el revelado físico de plata. Al igual que el revelador físico de plata, el proceso de MMD revela los componentes insolubles en agua del residuo de la impresión latente (por ejemplo, la porción sebácea del residuo).

Para visualizar las impresiones latentes en superficies porosas con el proceso de MMD, Saunders proporcionó dos observaciones importantes para los usuarios. Una es que, en superficies porosas, debe hacerse un enjuague extenso después del tratamiento con oro coloidal para reducir el posible revelado de fondo. Este se debe a que partículas de oro coloidal se quedan atrapadas en los poros y se convierten en lugares de activación para el revelado físico

de plata. La otra es que el tratamiento con sal de zinc, a veces hecho después del proceso de ninhidrina, debe ser evitado. Los iones divalentes tales como Zn^{2+} tienen una tendencia a unirse al oro coloidal y, por lo tanto, los iones divalentes atrapados en los poros de la superficie atraen las partículas de oro coloidal y toda la superficie está sujeta al revelado físico de plata.

7.13.3.2 Formulación (MMD). El proceso MMD implica dos reactivos utilizados en secuencia: la solución de oro coloidal y el revelador físico de plata modificado.

Hay dos puntos a considerar con respecto a revelador físico de plata modificado: una es que Tween 20, un tensoactivo no iónico, se utiliza en lugar de un tensoactivo catiónico más estabilizador. Cantu y Johnson (2001, pág. 242-247) especulan que esto puede ser debido a que un agente tensoactivo catiónico rodearía partículas de unión de oro (que todavía llevan algo de carga negativa) y por lo tanto impiden el proceso de revelado físico en ellos. El segundo punto es que la concentración de iones de plata de la solución activa es sólo el 0.2% y esta es suficientemente baja e apariencia para que no ocurra el “ennegrecimiento” (formación de óxido de plata) en la superficie de papel alcalino (básico). Por lo tanto, no se necesita ningún tratamiento previo con ácido para neutralizar dicho papel (que normalmente contiene carbonato de calcio). La solución de oro coloidal tiene un pH de aproximadamente 2.8 y, por lo tanto, causa una cierta neutralización en este tipo de papel, pero los iones de calcio divalente que se generan aparentemente no desestabilizan significativamente la solución de oro (pueden hacerlo en la superficie donde se forman). Ejemplos de impresiones latentes reveladas (en una variedad de superficies) mediante el proceso de MMD se encuentran en la Figura 7-23.

7.13.3.3 Formulación (MMD II). En 1993, el Dr. Bernard Schnetz presentó su trabajo, llevado a cabo en el Instituto de Policía Científica y Criminología de la Universidad de Lausana, sobre técnicas bioquímicas para amplificar las impresiones latentes tratadas con oro coloidal. Él trató impresiones latentes con oro coloidal, adjuntó una proteína a las partículas de oro coloidal (ya unidos a residuos de impresión latente) y los amplificó con enzimas o manchas que formaran productos coloreados o fluorescentes (Schnetz, 1993). En 1997, se informó acerca de una actualización de este trabajo y también en su variante del proceso de depósito multimetalico (MMD II) (Schnetz, 1997) y en 2001, él y Margot publicaron su trabajo en su optimización (Schnetz y Margot, 2001, pág. 21-28). Como en el proceso MMD, éste es un proceso de dos pasos,

**FIGURA 7-23**

Impresiones latentes visualizadas por el proceso de MMD en una variedad de superficies. Superior izquierda: vaina del cartucho de un revólver. Superior media: lado adhesivo de la cinta de Mylar negra. Superior derecha: lado adhesivo de la cinta de flejado de alta resistencia. Media: superficies metálicas de un disco de computadora de plástico. Inferior izquierda: etiqueta de papel de un disco de computadora. Inferior derecha: tarjeta de crédito de plástico. Observe que las impresiones reveladas aparecen oscuras en las superficies de color claro y tenues en las superficies de color oscuro.

pero utiliza material de vidrio siliconizado, oro coloidal con un tamaño de partícula de 14 nm de diámetro (en comparación con los 30 nm para el oro coloidal de Saunders) y un revelador físico de plata muy diferente del revelador físico de plata modificado de Saunders.

El Dr. John Brennan, recientemente retirado del Servicio de Ciencias Forenses (Londres, Reino Unido), ha utilizado con éxito los procesos de MMD y MMD II sobre varios tipos de pruebas y tiende a favorecer el MMD II (J. Brennan, comunicación privada). La Dra. Naomi Jones presentó en su tesis doctoral varios métodos de depósito de metales; también encontró que el proceso MMD II superó al proceso MMD en el rendimiento (Jones, 2002).

7.13.4 Reactivos de pavonado

7.13.4.1 Historia y antecedentes. El pavonado se utiliza para repintar los cañones de una pistola con un brillo azulado. Se advierte no dejar huellas dactilares en el cañón debido a que la solución de pavonado no funcionará allí (Angier, 1936, pág. 6). Bundeskriminalamt (BKA) en Alemania descubrió que esto también es cierto en los cartuchos de bala (Cantú et al., 1998, pág. 294-298). Así fue el nacimiento de soluciones de pavonado para visualizar huellas latentes en superficies metálicas, en particular los de los cartuchos de bala.

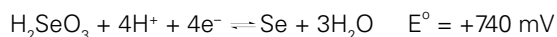
7.13.4.2 Depósito de metal y grabado. El pavonado de metales implica la deposición simultánea de dos metales, selenio y cobre, en una superficie de metal. El bimetalo depositado es de color azul-negro.

Como se discutió previamente para el nitrato de plata, la impresión sebácea se resiste a la deposición, y los depósitos de plata (como un metal de gris a negro) en todas partes, excepto cuando existe la huella dactilar. Para ser más precisos acerca de lo que está ocurriendo, debemos señalar que el proceso de depósito siempre se acompaña de un proceso de grabado. Para la plata en cobre, se depositan iones de plata (proceso de deposición o reducción) mientras se remueven los iones cúpricos (proceso de grabado u oxidación). Hay, sin embargo, procesos de grabado que no implican la deposición de metales (por ejemplo, el grabado con peróxido de hidrógeno acidificado) (Cantu et al., 1998, pág. 294-298) y estos procesos también se ven obstaculizadas por el material sebáceo.

Otros métodos de depósito de un metal para revelar huellas latentes en los casquillos del cartucho incluyen el uso de paladio (Migron y Mandler, 1997, pág. 986-992) y selenio (Bentsen et al., 1996, pág. 3-8). Además de mostrar que el paladio puede revelar impresiones sebáceas sobre metal, Migron y Mandler hicieron un estudio analítico amplio de cómo funciona el proceso de deposición en las superficies de bronce que contienen grabados sebáceos. El trabajo de Bentsen y sus colegas en la deposición de selenio es similar a lo que hace el pavonado y, por lo tanto, se discute a continuación, junto con el pavonado.

7.13.4.3 Composición general. Hay varios fabricantes de soluciones de pavonado y no hay dos soluciones que tengan exactamente la misma formulación, pero todos contienen los tres ingredientes activos necesarios: ácido selenioso, una sal de cobre y un ácido. Una solución

acidificada de ácido selenioso es un reactivo de grabado relativamente fuerte (oxidante), como lo señaló el potencial de oxidación (Tabla 7-4):



Cabe destacar que se necesita ácido (H^+) y esta es la razón por la que la solución de pavonado también contiene un ácido. La Tabla 7-4 muestra que una solución ácida de ácido selenioso puede oxidar y grabar cobre, plomo, níquel, zinc y aluminio. Una solución de iones cúpricos es también un fuerte reactivo químico de grabado (oxidante) capaz de oxidar plomo, níquel, zinc y aluminio.

A medida que *cada* uno de estos reactivos graba, los iones de metal se depositan en lo que está grabado. Por ejemplo, en aluminio, la reacción de oxidación y reducción (grabado y depósito) es:



$$E^\circ_{\text{redox}} = 2402 \text{ mV}$$



Si *ambos* reactivos están presentes juntos, como en la solución de pavonado, entonces la relación del Cu al Se que deposita depende de la velocidad (cinética) de cada uno de los dos reactivos en competencia; es posible que una aleación 1:1 de Cu-Se se forme, pero no es seguro. El resultado final es una capa metálica azul-negra (en todo el lugar excepto donde exista una impresión latente sebácea).

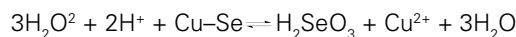
La composición de algunas soluciones de pavonado se da en la Tabla 7-5. Cabe destacar que todas involucran ácido selenioso (uno involucra dióxido de selenio, el cual es la forma anhidra del ácido selenioso), una sal cúprica y un ácido. Curiosamente, Bentsen et al. (1996, pág. 3-8) utilizaron una solución de ácido selenioso al 0.4% (sin iones cúpricos o ácido) para revelar impresiones en superficies metálicas tales como cartuchos de bala usados. Esto deposita metal de selenio en el metal que está siendo tratado y en esta solución, junto con el tratamiento éster de cianoacrilato al vacío, fue categorizado altamente entre otros métodos utilizados.

7.13.4.4 Formulaciones. Cantu et al. (1998, pág. 294-298) recomiendan una dilución a 1:80 de una solución de pavonado comercial. Leben y Ramotowski (1996, pág. 8, 10) recomiendan una solución más fuerte (una dilución a 1:40) e indican que una mejora respecto a simplemente utilizar el reactivo de pavonado diluido es tratar a los

especímenes metálicos primero (por ejemplo, los casquillos) con extracción de CA. La Tabla 7-6 es un resumen de sus recomendaciones.

7.13.4.5 Aplicación. Desde su introducción por la BKA, el pavonado se utiliza actualmente en varios laboratorios debido a su facilidad. Como se mencionó anteriormente, un tratamiento éster de CA antes del pavonado mejora la detección de huellas latentes sobre metal. Después del tratamiento, hay una tendencia a que la solución de pavonado continúe su deposición y se han propuesto varios métodos de detención (Cantu et al., 1998, pág. 294-298). Estos incluyen la inmersión en una solución de bicarbonato de sodio, la inmersión en barniz transparente (Bentsen et al., 1996, pág. 3-8), la aplicación de un spray de laca (comunicación privada por parte de Anton Theeuwen y Josita Limborgh, Ministerio de Justicia de los Países Bajos, Laboratorio de Ciencias Forenses) y el uso de esmalte de uñas (comunicación privada por parte de Vici Inlow, del laboratorio forense del Servicio Secreto).

Si se produce un revelado excesivo, se recomienda el peróxido de hidrógeno acidificado para eliminar el exceso de depósito pavonado (Cantu et al., 1998, pág. 294-298). Si asumimos que la aleación de cobre de selenio es un aducto 1:1, entonces la reacción neta para su eliminación es.



Una composición sugerida para la solución de peróxido de hidrógeno acidificada es 5 volúmenes de vinagre de uso doméstico (5% de ácido acético) y 7 volúmenes de peróxido de hidrógeno doméstico (peróxido de hidrógeno al 3%). Esto se basa en la estequiometría de la ecuación anterior. Sin embargo, una mezcla 1:1 también funciona bien.

7.13.4.6 Comentarios sobre el grabado. El grabado sin deposición de metal también puede revelar huellas en superficies de metal por el contraste entre el fondo grabado formado y la impresión latente sin grabar. De la Tabla 7-4 se puede ver que el ácido puede desplazar al hierro, plomo, níquel, zinc y aluminio. El peróxido de hidrógeno acidificado, sin embargo, también desplazaré al cobre. Cantu et al. (1998, pág. 294-298) señalaron que el peróxido de hidrógeno acidificado visualiza impresiones bastante buenas en muchas superficies metálicas. Proporcionan una larga discusión y la explicación de por qué el proceso de grabado debe ser vigilado cuidadosamente: los metales que han quedado grabados en forma de iones pueden volver a depositarse a medida que el proceso continúa.



Tabla 7-5

Composición de algunas soluciones de pavonado*

	Fabricante	Birchwood-Casey						Brownells	Outers	E. Kettner
	Nombre comercial	Perma Blue Liquid Gun Blue PB22	Perma Blue Immersion Blue PBIM	Perma Blue Paste Gun Blue SBP 2	Super Blue Extra Strength	Brass Black Metal Touch Up BB2	Aluminum Black PAB 17	Formula 44/40 Instant Gun Blue	Gunslick Gun Blue	Waffen-Brünierung
	Utilizado para	Acero	Acero	Acero	Acero	Latón, Bronce, Cobre	Aluminio	Acero	Acero	Acero
Compuestos de Selenio	Ácido Selenioso	3	4	2	5	3	4	6		
	Dióxido de Selenio								3	
Sal cúprica	Cloruro cúprico			3						
	Nitrato cúprico				4					
	Sulfato cúprico	3	4			4	8	8	2	
Sal de zinc	Sulfato de zinc					5				
Sal de níquel	Sulfato de níquel						1		2	
Ácido	Hidroclórico									
	Nítrico	3	2		4					
	Fosfórico		4	4	4	8	3			
	Fluobórico						2			
	Amido sulfónico							12		
Solución pH (factor de disolución)		2.3 (1/40)	N/A(1/40)	1.5	2.3 (1/80)	2.3 (1/40)	2.3 (1/80)	1.8 (1/80)	3.3 (1/40)	2.3 (1/80)
Other	Polietileno estearil éter			15						
	Octilfenoxi polietoxietanol				1					
	Moldibdato de amonio					4				
	Bifluoruro de amonio			1						

*Todas las concentraciones están en su máximo porcentaje. Excepto para el pH, toda la información se obtuvo de las hojas de información del Material de Seguridad.

Tabla 7-6

Resumen de los protocolos recomendados para tratar casquillos de cartuchos.

Cartridge Type	Suggested Treatment After Superglue	Gun Blue (GB) Dilution	Comments
Latón niquelado	Negro latón	1 ml GB en 40 ml de agua destilada	Otras soluciones también funcionaron bien en estos casquillos.
Brass	Formula 44/40 Instant Gun Blue	0.5 mL GB in 40 mL distilled water	Otras soluciones también funcionaron bien en estos casquillos.
Acero lacado	Súper pegamento únicamente		Ninguna de las soluciones de pavonado produjeron detalles identificables.
Aluminum	Aluminum Black	0.5 mL GB in 40 mL distilled water	This is the only solution that worked on this metal.

Schütz et al. (2000, pág. 65-68) compararon el método de grabado y el de pavonado con el método de deposición multimetálico en su capacidad para revelar las huellas latentes sobre cartuchos. Ellos encontraron que (1) el pavonado sobresalió en la visualización de las impresiones sebáceas en los casquillos de latón, (2) para los casquillos de aluminio, el MMD funcionó mejor (el paso del revelador físico modificado realizado después de la etapa de oro coloidal, reveló el contraste de la impresión) y (3) no funcionó bien para los casquillos de acero lacado. Para este último, recomiendan extracción de CA.

7.13.5 Negro Sudán B

7.13.5.1 Historia y antecedentes. El negro Sudán B (aquí referido como negro Sudán) fue utilizado inicialmente en los laboratorios para pruebas biológicas o cribado químico para los componentes grasos (Figura 7-24). La reacción produce un producto o imagen azul-negra. El negro Sudán se reportó inicialmente para su uso como una técnica de revelado de crestas de fricción en 1980 por Mitsui, Katho, Shimada, y Wakasugi del Laboratorio de Ciencia Criminal en Nagoya-shi, Japón (Mitsui et al, 1980, pág. 9-10; 1981, pág. 84-85).

El negro Sudán es una mancha de colorante utilizada para la detección de componentes sebáceos en residuos de la piel sobre las crestas de fricción en algunos sustratos no porosos y semiporosos (por ejemplo, guantes de látex y algunas cerámicas) (Figura 7-25). Esta mancha de tinte también detecta el detalle de la cresta de fricción en la piel donde ésta o el sustrato que hayan sido contaminados con grasa, residuos de alimentos o depósitos secos de refrescos o bebidas endulzadas (por ejemplo, por fructosa o sacarosa). También se ha usado para incrementar el detalle de la cresta de fricción tratada previamente por la técnica de extracción de CA.

Tendrán que ser considerados el color y la porosidad del sustrato. Los sustratos porosos tienden a absorber el colorante, lo que resulta en una falta de contraste entre el

detalle de las crestas de fricción y el fondo del producto. Debido al color azul-negro de la mancha de tinte, habrá una falta de contraste entre el detalle de las crestas de fricción y los productos de colores oscuros. Se recomienda que otras técnicas de procesamiento se utilicen en estos productos (Stone y Metzger, 1981, pág. 13-14).

Las impresiones procesadas con negro Sudán seco se han levantado utilizando cinta de levantamiento convencional (tal como se utiliza con la técnica de procesamiento de polvo). Se ha tenido éxito en recubiertos de cera, brillosos y sustratos lisos. Sin embargo, ha tenido menos éxito en sustratos fuertemente contaminados, desiguales, y semiporosos.

7.13.5.2 Validación del reactivo y técnica de aplicación.

Como en la aplicación de todos los reactivos y procesos, se sugiere que la solución de negro Sudán sea validada antes de su uso. Para validar la solución, se debe contaminar un sustrato no poroso con la matriz específica (por ejemplo, sebácea-grasa-, fructosa-, sacarosa- o detalles o materiales de las crestas de fricción contaminados con alimentos), a continuación, aplicar la solución de negro Sudán al sustrato en el manera se señala más adelante. Si no se observa reacción, la solución o la matriz de validación requieren una evaluación adicional. Es una buena práctica para familiarizarse con la técnica de aplicación y la reacción o reacciones con el sustrato y la matriz antes de aplicarlos a las pruebas.

Revisar las fichas de seguridad referentes a la seguridad, manipulación y almacenamiento de información.

7.13.5.3 Solución de reactivo. La solución del reactivo consta de 15 g de negro Sudán disueltos en 1 L de etanol o metanol, creando una solución de color azul-negro, la cual se añade a continuación a 500 ml de agua destilada y se agita hasta que esté completamente mezclada. La vida útil de la solución es indefinida.

7.13.5.4 Metodología secuencial y técnica de procesamiento. Antes de procesamiento con negro Sudán, se

FIGURA 7-24

Estructura química del negro Sudán.

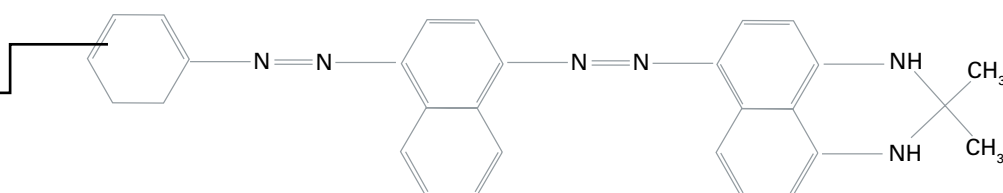


**FIGURA 7-25**

Detalle de la cresta de fricción sebácea en un sustrato de plástico procesado con negro Sudán.

debe ver el producto con una fuente de luz forense para detectar cualquier fluorescencia inherente del residuo de las crestas de fricción o del sustrato. Se debe fotografiar cualquier detalle visible.

- Colocar la solución de negro Sudán en un vaso limpio o un plato de metal, verter una cantidad suficiente para sumergir el producto que se está procesando. La solución también se puede aplicar por aspersión. Se recomienda que la técnica de inmersión se utilice para evitar la inhalación de partículas en el aire del aspersor.
- Dejar que el producto se sumerja en la solución durante aproximadamente 2 minutos. Si el producto ha sido previamente procesado utilizando la técnica de extracción de CA, el producto puede requerir mayor tiempo de inmersión en la solución.
- Enjuagar el producto bajo agua potable fresca o fría del grifo de forma lenta, o colocar el producto en un plato limpio que contiene agua fresca o fría hasta que se retire el exceso de tinte del fondo.
- Dejar que se seque producto a temperatura ambiente.
- Ver la imagen azul-negro revelada; las imágenes débiles han sido mejoradas por un segundo tratamiento con la solución de negro Sudán (seguir los pasos anteriores de la aplicación). Se sugiere que el producto se observe con una fuente de luz forense después del procesamiento con negro Sudán debido a que el fondo puede emitir fluorescencia, creando un contraste mejorado.
- Cualquiera de las imágenes reveladas necesitarán ser fotografiadas para propósitos de comparación, documentación y archivo.

7.14 Formulaciones para Soluciones Químicas

7.14.1 Ninhidrina (Kent, 1998; Champod et al, 2004, pág. 239)

Solución base: 25 g de ninhidrina disuelta en 225 ml de etanol absoluto, 10 ml de acetato de etilo, 25 ml de ácido acético glacial.

Solución activa: 52 ml de solución base diluidos a 1000 ml con HFE 7100.

7.14.2 Solución de Cloruro de Zinc (Champod et al., 2004, pág. 240)

Solución base: 8 g de cloruro de zinc disuelto en 180 ml de etanol, 20 ml de ácido acético glacial.

Solución activa: 6 ml de solución base diluida en 100 ml con disolvente portador (por ejemplo, HFE 7100).

7.14.3 1,8-Diazafluoreno-9-uno (DFO) (Kent, 1998; Champod et al, 2004, pág. 230)

0.25 g de DFO disuelto en 30 ml de metanol y 20 ml de ácido acético glacial. Agregar esto a 725 ml de HFE 7100 y 275 ml de HFE 71DE.

7.14.4 Ninhidrina no Polar (Stimac, 2003a, pág. 185-197)

Solución base: 1.5 g de ninhidrina disueltos en 100 ml de HFE 71IPA (puede requerir reflujo a baja temperatura).

Solución activa: 15 ml de solución base diluida con 100 ml de HFE 7100.

7.14.5 1,2-Indanodiona

0.25 g de 1,2-indanodiona disueltos en 90 ml de acetato de etilo y 10 ml de ácido acético glacial. Añadir esto a 1 L de HFE 7100 (Merrick et al., 2002, pág. 595-605).

ó

2 g de 1,2-indanodiona disueltos en 70 ml de acetato de etilo. Añadir esto a 1 L HFE 7100

(Almog et al., 1999, pág. 114-118).

7.14.6 5-Metiltioninhidrina (5-MTN) (Wallace-Kunkel et al., 2006, pág. 4-13)

1.7 g de 5-MTN disueltos en 52.5 ml de acetato de etilo, 50 ml de metil tert-butil éter, 12.5 ml de etanol absoluto y 5 ml de ácido acético glacial. Agregar esto a 360 ml de HFE 7100.

7.14.7 2-Isononilninhidrina (INON, Thermanin) (Al Mandhri y Khanmy-Vital, 2005)

4-5 g de INON disueltos en 15 ml de acetato de etilo, 5 ml de isopropanol y 980 ml de HFE 7100.

7.14.8 Nitrato de Plata (Trozzi et al., 2000, pág. 38-39)

Disolver 30 g de nitrato de plata en 1 L de agua destilada.

ó

Disolver 30 g de nitrato de plata en 100 ml de agua destilada y añadir a 1 L de etanol.

7.14.9 Revelador Físico (Kent, 1998)

Pretratamiento ácido: se disuelven 30 g de ácido maléico en 1 L de agua destilada. Vida en almacenamiento indefinida.

Solución base # 1: 30 g de nitrato férrico nonahidrato disueltos en 900 ml de agua destilada. 80 g de sulfato de amonio ferroso hexahidratado disuelto en esta solución. 20 g de ácido cítrico anhidro disuelto en esta solución. La en almacenamiento puede ser de varios meses.

Solución base # 2: 4 g de acetato de n-dodecilamina disueltos en 1 L de agua destilada. 4 g (4 ml) de Synperonic N fueron añadidos a esta solución. Vida en almacenamiento indefinida.

Solución base #3: 20 g de nitrato de plata disueltos en 100 ml de agua destilada. Vida en almacenamiento indefinida.

Solución activa: 900 ml de solución base # 1. Añadir 40 ml de solución base # 2 y agitar durante 5 minutos. Añadir 50 ml de solución base # 3 y agitar durante 5 minutos. La vida en almacenamiento es de 1-2 semanas.

Solución de post-tratamiento de hipoclorito: 100 ml de cloro de uso doméstico (~6% de NaOCl) se mezcla con 100 ml de agua.

7.14.10 Depósito Multimetálico (Saunders, 1989, 1996, 1997)

Solución de oro coloidal

Solución base # 1: 10% (p/v) de ácido tetracloroaurico (HAuCl₄.3H₂O) en agua de alta pureza (RO/DI).

Solución base # 2: 1% (p/v) de citrato trisódico (Na₃Cit.2H₂O) en agua de alta pureza.

Solución base # 3: 0.5 M (10.5% p/v) de ácido cítrico (H₃Cit.H₂O) en agua de alta pureza.

Solución base # 4: 1% de glicol de polietileno.

Solución activa: Añadir 1 ml de solución base # 1 a 1 L de agua de alta pureza y someter a ebullición. Añadir rápidamente 10 ml de solución base # 2 y hervir ligeramente durante 10 minutos. Añadir 5 ml de Tween 20 (o Tween 80) y mezclar bien. Añadir 10 ml de solución base # 4 a la solución enfriada y ajustar el pH a 27 usando solución base # 3. Restaurar un volumen total de 1 L de agua de alta pureza. La vida en almacenamiento es de 3 meses.

Solución modificada del revelador físico de plata

Solución base # 1: Disolver 33 g de nitrato férrico nonahidrato en 1 L de agua de alta pureza. Añadir 89 g de sulfato de amonio ferroso hexahidratado a la solución. Añadir 22 g de ácido cítrico a la solución. Añadir 1 ml de Tween 20 a la solución.

Solución base # 2: 20% (p/v) de nitrato de plata en agua de alta pureza.

Solución activa: Añadir 1 parte de la solución base # 2 a 99 partes de la solución # 1. Sólo es estable durante 15 minutos.

Aplicación

Prelavado: Los productos porosos se deben lavar varias veces en agua de alta pureza.



Oro coloidal: Remojar los productos en la solución de oro coloidal durante 30-120 minutos, pero evitar el revelado excesivo.

Entre el enjuague: Enjuagar los productos en agua de alta pureza. Para productos porosos, utilizar varios cambios de agua durante 15 minutos o más.

Reveladores físicos de plata: Colocar los productos en la solución recién hecha. La amplificación de plata se produce dentro de 10 a 15 minutos.

Post-lavado: Enjuagar con agua del grifo. Deje secar al aire.

7.14.11 MMD II (Schnetz y Margot, 2001, pág. 21-28)

Silanización de cristalería

Sumergir la cristalería durante 8 horas en 10% de Extran MA 01 líquido alcalino (Merck). Enjuagar con agua caliente de alta pureza y luego con agua fría de alta pureza. Secar en un horno a 100 ° C. Remojar durante 5 segundos en 2% (v/v) de 3-aminopropiltietoxisilano en acetona. Enjuagar dos veces con acetona, después con agua. Secar en un horno a 42°C durante 8 horas.

Solución de oro coloidal

Solución base # 1: 10% (p/v) de ácido tetracloroaurico en agua de alta pureza.

Solución base # 2: 1% (w/v) citrato de sodio en agua de alta pureza.

Solución base # 3: 0.5 M de ácido cítrico en agua de alta pureza.

Solución Base # 4: 1% (p/v) de ácido tánico en agua de alta pureza.

Solución activa # 1: Añadir 0.5 ml de solución base # 1 a 400 ml de agua de alta pureza. Calentar a 60°C.

Solución activa # 2: Añadir 20 ml de solución base # 2 y 0.1 ml de solución base # 4 a 75 ml de agua de alta pureza. Calentar a 60°C.

Una vez que ambas soluciones alcanzan los 60°C, añadir rápidamente solución activa # 2 para trabajar la solución # 1 y mezclar enérgicamente. Calentar la mezcla hasta la ebullición, enfriar y ajustar a 500 ml con agua de alta pureza. La solución puede ser almacenada en una botella de plástico a

4°C. Antes de usar, llevarla a temperatura ambiente, añadir 0.5 ml de Tween 20 (o Tween 80) y ajustar el pH a 2.7 con solución base # 3.

Solución del revelador físico de plata

Solución base # 1: 24 partes al 25.5% (p / v) de solución de ácido cítrico, 22 partes de solución de citrato de sodio al 23.5% y 50 partes de agua de alta pureza. Ajustar el pH a 3.8 con ácido cítrico adicional o con solución de citrato de sodio.

Solución base # 2: 0.2% (p / v) de solución de acetato de plata.

Solución base # 3: 0.5% (p / v) hidroquinona en solución base # 1.

Solución de enjuague: 0.25% (p / v) hidroquinona (1 parte solución base # 3 y 1 parte de agua de alta pureza).

Solución activa: Una parte de solución base # 2 y una parte de solución base # 3. Es inestable, por lo que se debe preparar justo antes de su uso.

Aplicación

Prelavado: Los productos porosos se deben lavar con agua de alta pureza durante 2 minutos. Los productos no porosos necesitan sólo un breve lavado en agua de alta pureza.

Oro coloidal: Remojar los productos en solución de oro coloidal durante 5-15 minutos con agitación suave.

Entre el enjuague: Enjuagar brevemente en agua de alta pureza.

Entre el enjuague de hidroquinona: Enjuagar durante 2-5 minutos en solución de enjuague de hidroquinona.

Revelador físico de plata: Colocar los artículos en revelador físico de plata por unos 18 minutos.

Post-lavado: Enjuagar con agua de alta pureza.

Fijación: Fijar con dilución al 1:9 de fijador fotográfico durante 2-5 minutos, enjuagar con agua del grifo, secar al aire.

7.15 Revisores

Los revisores que participaron en este capítulo fueron Christophe Champod, Sue Mancini Coppejans, Christine L.

Craig, Robert J. Garrett, Deborah Leben, Bridget Lewis, Jon T. Stimac, Juliet H. Wood y Rodolfo R. Zamora.

7.16 Referencias

Abderhalden, E.; Schmidt, H. Utilization of Triketohydrindene Hydrate for the Detection of Proteins and Their Cleavage Products. *Z. Physiologische Chem.* 1911, 72, 37.

Al Mandhri, A.; Khanmy-Vital, A. Detection of Fingerprints on Paper with 2-Isononyl-Ninhydrin. Presented at the 17th Meeting of the International Association of the Forensic Sciences. Hong Kong, 2005.

Almog, J. Fingerprint Development by Ninhydrin and Its Analogues. In *Advances in Fingerprint Technology*; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2001.

Almog, J.; Hirshfeld, A. 5-Methoxyninhydrin: A Reagent for the Chemical Development of Latent Fingerprints That Is Compatible with the Copper Vapour Laser. *J. Forensic Sci.* 1988, 33 (4), 1027–1030.

Almog, J.; Hirshfeld, A.; Klug, J. T. Reagents for the Chemical Development of Latent Fingerprints: Synthesis and Properties of Some Ninhydrin Analogues. *J. Forensic Sci.* 1982, 27 (4), 912–917.

Almog, J.; Hirshfeld, A.; Frank, A.; Grant, H.; Harel, Z.; Ittah, Y. 5-Methylthio Ninhydrin and Related Compounds: A Novel Class of Fluorogenic Fingerprint Reagents. *J. Forensic Sci.* 1992, 37 (3), 688–694.

Almog, J.; Springer, E.; Wiesner, S.; Frank, A.; Khodzhaev, O.; Lidor, R.; Bahar, E.; Varkony, H.; Dayan, S.; Razen, S. Latent Fingerprint Visualization by 1,2-Indanedione and Related Compounds: Preliminary Results. *J. Forensic Sci.* 1999, 44 (1), 114–118.

Anderson, K. N.; Anderson, L. E.; Glanze, W. D., Eds. *Mosby's Medical, Nursing, and Allied Health Dictionary*, 5th ed.; Mosby, Inc.: St. Louis, MO, 1998.

Angier, R. H. *Firearm Blueing and Browning*; Arms and Armour: London, 1936.

Atkins, P. W. *Physical Chemistry*, 4th ed.; W. H. Freeman and Co.: New York, 1990.

Ballantyne, J. Serology: Overview. In *Encyclopedia of Forensic Science*; Siegel, J., Saukko, P., Knupfer, G., Eds.; Academic Press: London, 2000; pág 1322–1331.

Bandey, H. L. *The Powder Process, Study 1: Evaluation of Fingerprint Brushes for Use with Aluminum Powder*; HOPSDB Report 54/2004; Home Office Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 2004.

Bandey, H. L.; Kent, T. *Superglue Treatment of Crime Scenes—A Trial of the Effectiveness of the Mason Vactron SUPERfume Process*; HOPSDB Report 30/2003; Home Office Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 2003.

Barnett, K. G.; Bone, R. G.; Hall, P. W.; Ide, R. H. *The Use of Water Soluble Protein Dye for the Enhancement of Footwear Impressions in Blood on Non-Porous Surfaces—Part I*; Technical Note 629; Forensic Science Service: Birmingham, U.K., 1988.

Batey, G.; Copeland, J.; Donnelly, D.; Hill, C.; Laturnus, P.; McDiarmid, C.; Miller, K.; Misner, A. H.; Tario, A.; Yamashita, A. B. Metal Deposition for Latent Print Development. *J. Forensic Ident.* 1998, 48 (2), 165–176.

Bayford, F. Sweat. *Fingerprint Whorld* 1976, 1, 42–43.

Bentsen, R. K.; Brown, J. K.; Dinsmore, A.; Harvey, K. K.; Kee, T. G. Post Firing Visualization of Fingerprints on Spent Cartridge Cases. *Sci. Justice* 1996, 36 (1), 3–8.

Bernier, U. R.; Booth, M. M.; Yost, R. A. Analysis of Human Skin Emanations by Gas Chromatography/Mass Spectrometry: 1. Thermal Desorption of Attractants for the Yellow Fever Mosquito (*Aedes Aegypti*) from Handled Glass Beads. *Anal. Chem.* 1999, 71 (1), 1–7.

Bernier, U. R.; Kline, D. L.; Barnard, D. R.; Schreck, C. E.; Yost, R. A. Analysis of Human Skin Emanations by Gas Chromatography/Mass Spectrometry: 2. Identification of Volatile Compounds That Are Candidate Attractants for the Yellow Fever Mosquito (*Aedes Aegypti*). *Anal. Chem.* 2000, 72 (4), 747–756.

Bessman, C. W.; Nelson, E.; Lipert, R. J.; Coldiron, S.; Herrman, T. R. A Comparison of Cyanoacrylate Fuming in a Vacuum Cabinet to a Humidity Fuming Chamber. *J. Forensic Ident.* 2005, 55 (1), 10–27.

Bodziak, W. J. Use of Leuco-Crystal Violet to Enhance Shoeprints in Blood. *Forensic Sci. Int.* 1996, 82 (1), 45–52.



- Bottom, C. B.; Hanna, S. S.; Siehr, D. J. Mechanism of the Ninhydrin Reaction. *Biochem. Educ.* 1978, 6 (1), 4–5.
- Bowman, V., Sears, V., Bandey, H., Hart, A., Bleay, S., Gibson, A., Fitzgerald, L., Eds. What Is the Oldest Fingerprint You Have Developed? In *Fingerprint Development and Imaging Update*. Home Office Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 2003; pág 2–3.
- Boysen, T. C.; Yanagawa, S.; Sato, F.; Sato, K. A Modified Anaerobic Method of Sweat Collection. *J. Applied Physiol.* 1984, 56 (5), 1302–1307.
- Bramble, S. K.; Brennan, J. S. Fingerprints (Dactyloscopy): Chemistry of Print Residue. In *Encyclopedia of Forensic Science*; Siegel, J., Saukko, P., Knupfer, G., Eds.; Academic Press: London, 2000; pág 862–869.
- Bratton, R. M.; Juhala, J. A. DFO-Dry. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (2), 169–172.
- Bratton, R. M.; Gregus, J.; Juhala, J. A. A Black Powder Method to Process Adhesive Tapes. *Fingerprint Whorld* 1996, 22 (83), 28.
- Brusilow, S. W.; Gordes, E. H. Ammonia Secretion in Sweat. *American J. Physiol.* 1968, 214 (3), 513–517.
- Bunting, R. K. *The Chemistry of Photography*; Photoglass Press: Normal, IL, 1987.
- Bureau voor Dactyloscopische Artikelen (BVDA). Product Information for 5-Methylthioninhydrin and Thermanin. <http://www.bvda.com> (accessed Jan 5, 2010).
- Burns, D. S. Sticky-Side Powder: The Japanese Solution. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (2), 133–138.
- Burow, D.; Seifert, D.; Cantu, A. A. Modifications to the Silver Physical Developer. *J. Forensic Sci.* 2003, 48 (5), 1094–1100.
- Campbell, B. M. Vacuum Chamber Cyanoacrylate Technique Evolution. *RCMP Gazette* 1991, 53 (12), 12–16.
- Campbell, B. M. Time-Resolved Photography of Latent Prints on Fluorescent Backgrounds. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (4), 368–377.
- Cantu, A. A. Silver Physical Developers for the Visualization of Latent Prints on Paper. *Forensic Sci. Rev.* 2001, 13 (1), 29–64.
- Cantu, A. A.; Johnson, J. L. Silver Physical Development of Latent Prints. In *Advances in Fingerprint Technology*; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2001; pág 242–247.
- Cantu, A. A.; Leben, D. A.; Joullié, M. M.; Heffner, R. J.; Hark, R. R. A Comparative Examination of Several Amino Acid Reagents for Visualizing Amino Acid (Glycine) on Paper. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (1), 44–66.
- Cantu, A. A.; Leben, D. A.; Ramotowski, R.; Kopera, J.; Simms, J. R. Use of Acidified Hydrogen Peroxide to Remove Excess Gun Blue from Gun Blue-Treated Cartridge Cases and to Develop Latent Prints on Untreated Cartridge Cases. *J. Forensic Sci.* 1998, 43 (2), 294–298.
- Cantu, A. A.; Leben, D. A.; Kelley, W. Some Advances in the Silver Physical Development of Latent Prints on Paper. *Int. Soc. Opt. Eng. (SPIE)* 2003, 5071, 164–168.
- Cava, M. P.; Little, R. L.; Napier, D. R. Condensed Cyclobutane Aromatic Systems: V. The Synthesis of Some a-Diazo-Indanones: Ring Contraction in the Indane Series. *J. Am. Chem. Soc.* 1958, 80 (9), 2257–2263.
- Champod, C.; Lennard, C.; Margot, P.; Stoilovic, M. *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*; CRC Press: Boca Raton, FL, 2004.
- Cheeseman, R.; DiMeo, L. A. Fluorescein as a Field-Worthy Latent Bloodstain Detection System. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (6), 631–646.
- Christie, R. M.; Mather, R. R.; Wardman, R. H. *The Chemistry of Colour Application*; Blackwell Science, Ltd.: Oxford, 2000.
- Clay, W. E. Fluorisol: The Solvent of Choice for Ninhydrin Detection of Latent Fingerprints. *Ident. News* 1981, 31 (4), 12–13.
- Conn, C.; Ramsay, G.; Roux, C.; Lennard, C. The Effect of Metal Salt Treatment on the Photoluminescence of DFO-Treated Fingerprints. *Forensic Sci. Int.* 2001, 116 (2), 117–123.
- Cowger, J. F. *Friction Ridge Skin, Comparison and Identification of Fingerprints*; Elsevier Science: New York, 1983.
- Crown, D. A. The Development of Latent Fingerprints with Ninhydrin. *J. Crim. Law Criminol. Police Sci.* 1969, 60 (2), 258–264.

Cuthbertson, F. *The Chemistry of Fingerprints*; AWRE Report No. 013/69; United Kingdom Atomic Weapons Establishment: Aldermaston, U.K., 1969.

Dalrymple, B.; Duff, J. M.; Menzel, E. R. Inherent Fingerprint Fluorescence-Detection by Laser. *J. Forensic Sci.* 1977, 22 (1), 106–115.

Davies, P. J.; Kobus, H. J.; Taylor, M. R.; Wainwright, K. P. Synthesis and Structure of the Zinc(II) and Cadmium(II) Complexes Produced in the Photoluminescent Enhancement of Ninhydrin Developed Fingerprints Using Group 12 Metal Salts. *J. Forensic Sci.* 1995a, 40 (4), 565–569.

Davies, P. J.; Taylor, M. R.; Wainwright, K. P.; Kobus, H. J. Zinc(II) Chloride-Methanol Complex of 2-[(1,3-Dihydro-1,3-dioxo-2H-inden-2-ylidene)amino]-1H-indene-1,3(2H)-dione(1-) Sodium Salt: A Complex of Ruhemann's Purple. *Acta Crystallogr., Sect. C: Cryst. Struct. Commun.* 1995b, 51 (9), 1802–1805.

Dayan, S.; Almog, J.; Khodzhaev, O.; Rozen, S. A Novel Synthesis of Indanediones Using the HOFCH₃CN Complex. *J. Org. Chem.* 1998, 63 (8), 2752–2754.

Dean, J. A. *Lange's Handbook of Chemistry*, 13th ed.; McGraw-Hill: New York, 1985.

Della, E. W.; Janowski, W. K.; Pigou, P. E.; Taylor, B. Synthesis of Fingerprint Reagents: Aromatic Nucleophilic Substitution as a Route to 5-Substituted Ninhydrins. *Synthesis* 1999, 12, 2119–2123.

DeMey, J. Colloidal Gold Probes in Immunocytochemistry. In *Immunohistochemistry: Practical Applications in Pathology and Biology*; Polak, J. M., Van Noorden, S., Eds.; John Wright and Sons Ltd.: London, 1983; pág 82–112.

Didierjean, C.; Debart, M.; Crispino, F. New Formulations of DFO in HFE7100. *Fingerprint Whorld* 1998, 24 (94), 163–167.

Druey, J.; Schmidt, P. Phenanthrolinequinone und Diazfluorene. *Helv. Chim. Acta* 1950, 33 (4), 1080–1087.

Eckert, W. G.; James, S. H. *Interpretation of Bloodstain Evidence at Crime Scenes*; Elsevier Science: New York, 1989.

Elber, R.; Frank, A.; Almog, J. Chemical Development of Latent Fingerprints: Computational Design of Ninhydrin Analogues. *J. Forensic Sci.* 2000, 45 (4), 757–760.

Everse, K. E.; Menzel, E. R. Sensitivity Enhancement of Ninhydrin-Treated Latent Fingerprints by Enzymes and Metal Salts. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (2), 446–454.

Faragher, A.; Summerscales, L. *Fingerprint Enhancement Using the Amido Black Technique after Chemical Fixation*; Technical Note 240; Forensic Science Service: Birmingham, U.K., 1981.

Faulk, W. P.; Taylor, G. M. An Immunocolloid Method for the Electron Microscope. *Immunochemistry* 1971, 8 (11), 1081–1083.

Feigl, F.; Anger, V. *Spot Tests in Inorganic Analysis*; Elsevier: Amsterdam, 1972.

Fitzgerald, L. Development of a GC-MS Method for the Analysis of Latent Fingerprint Components. Presented at the International Fingerprint Research Group Meeting, St. Albans, U.K., 2003.

Forgeot, R. Etude medico-legale des empreintes peu visibles ou invisibles et revelees par des procedes speciaux. *Archives d'anthropologie criminelle et des sciences penales* 1891, 6, 387–404.

Förström, L.; Goldyne, M. E.; Winkelmann, R. K. IgE in Human Eccrine Sweat. *J. Investigative Derm.* 1975, 64 (3), 156–157.

Frank, A.; Almog, J. Modified SPR for Latent Fingerprint Development on Wet, Dark Objects. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (3), 240–244.

Frens, G. Controlled Nucleation for the Regulation of the Particle Size in Monodisperse Gold Suspensions. *Nature* 1973, 241 (105), 20–22.

Friedman, M.; Williams, L. D. Stoichiometry of Formation of Ruhemann's Purple in the Ninhydrin Reaction. *Bioorg. Chem.* 1974, 3, 267–280.

Froude, Jr. J. H. The Super Glue Fuming Wand: A Preliminary Evaluation. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (1), 19–31.

Garner, D. D.; Cano, K. M.; Peimer, R. S.; Yeshion, T. E. An Evaluation of Tetramethylbenzidine as a Presumptive Test for Blood. *J. Forensic Sci.* 1976, 21 (4), 816–821.

Gerber, S. M.; Saferstein, R. Eds. *More Chemistry and Crime: From Marsh Arsenic Test to DNA Profile*; American Chemical Society: Washington, DC, 1997.



- German, E. R. You Are Missing Ninhydrin Developed Prints. *Ident. News* 1981, 31 (9), 3–4.
- German, E. R. Cyanoacrylate (Superglue) Fuming Tips. 2005. <http://www.onin.com/fp> (accessed Jan 5, 2010).
- Godsell, J. Fingerprint Techniques. *J. Forensic Sci. Soc.* 1963, 3 (2), 79.
- Goode, G. C.; Morris, J. R. *Latent Fingerprints: A Review of Their Origin, Composition, and Methods for Detection*; AWRE Report No. 022/83; United Kingdom Atomic Weapons Research Establishment: Aldermaston, U.K., 1983.
- Green, S. C.; Stewart, M. E.; Downing, D. Variation in Sebum Fatty Acid Composition Among Adult Humans. *J. Investigative Dermatol.* 1984, 83 (2), 114–117.
- Grigg, R.; Malone, J. F.; Mongkolaussavaratana, T.; Thianpatanagul, S. Cycloaddition Reactions Relevant to the Mechanism of the Ninhydrin Reaction. X-Ray Crystal Structure of Protonated Ruhemann's Purple, a Stable 1,3-Dipole. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 1986, 421–422.
- Grigg, R.; Malone, J. F.; Mongkolaussavaratana, T.; Thianpatanagul, S. X=Y-ZH Compounds as Potential 1,3 Dipoles. Part 23 Mechanisms of the Reactions of Ninhydrin and Phenalene Trione with α -Amino Acids. X-Ray Crystal Structure of Protonated Ruhemann's Purple, a Stable Azomethine Ylide. *Tetrahedron* 1989, 45 (12), 3849–3862.
- Grigg, R.; Mongkolaussavaratana, T.; Pounds, C. A.; Sivagnanam, S. 1,8-Diazafluorenone and Related Compounds. A New Reagent for the Detection of α -Amino Acids and Latent Fingerprints. *Tetrahedron Lett.* 1990, 31 (49), 7215–7218.
- Guerrero, M. B. L. The Transparent, Liquid Adhesive, Latent Print Lifter. *J. Forensic Ident.* 1992, 42 (2), 101–105.
- Hadorn, B.; Hanimann, F.; Anders, P.; Curtius, H.; Halverson, R. Free Amino Acids in Human Sweat from Different Parts of the Body. *Nature* 1967, 215 (99), 416–417.
- Hall, M. M. Ridge Detail Through Latex Gloves. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (6), 415–416.
- Hambley, D. S. The Physics of Vacuum Evaporation Development of Latent Fingerprints. Ph.D. Thesis, The Royal Holloway College, University of London, 1972.
- Hamilton, P. B. Amino-Acids on Hands. *Nature* 1965, 205, 284–285.
- Hansen, D. B.; Joullié, M. M. The Development of Novel Ninhydrin Analogues. *Chem. Soc. Rev.* 2005, 34, 408–417.
- Hardwick, S. A.; Kent, T.; Sears, V. *Fingerprint Detection by Fluorescence Examination: A Guide to Operational Implementation*; White Crescent Press, Ltd.: Luton, U.K., 1990.
- Hardwick, S. A.; Kent, T.; Sears, V.; Winfield, P. Improvements to the Formulation of DFO and the Effects of Heat on the Reaction with Latent Fingerprints. *Fingerprint Whorld* 1993, 19 (73), 65–69.
- Harvey, K. K.; Dinsmore, A.; Brown, J. K.; Burns, D. S. Detection of Latent Fingerprints by Vacuum Cyanoacrylate Fuming—An Improved System. *Fingerprint Whorld* 2000, 26, 29–31.
- Hauze, D. B.; Petrovskaia, O.; Taylor, B.; Joullie, M. M.; Ramotowski, R.; Cantu, A. A. 1,2-Indanediones: New Reagents for Visualizing the Amino Acid Components of Latent Prints. *J. Forensic Sci.* 1998, 43 (4), 744–747.
- Hawthorne, J. S.; Wojcik, M. H. Alcohol Measurement: A Review of the Literature. *Can. Soc. Forensic Sci. J.* 2006, 39 (2), 65–71.
- Heffner, R. J.; Joullié, M. M. Synthetic Routes to Ninhydrins. Preparation of Ninhydrin, 5-Methoxyninhydrin, and 5-(Methylthio)ninhydrin. *Synth. Commun.* 1991, 21 (21), 2231–2256.
- Herod, D. W.; Menzel, E. R. Laser Detection of Latent Fingerprints: Ninhydrin. *J. Forensic Sci.* 1982a, 27 (1), 200–204.
- Herod, D. W.; Menzel, E. R. Laser Detection of Latent Fingerprints: Ninhydrin Followed by Zinc Chloride. *J. Forensic Sci.* 1982b, 27 (3), 513–518.
- Hewlett, D. F.; Sears, V.; Suzuki, S. Replacements for CFC113 in the Ninhydrin Process: Part 2. *J. Forensic Ident.* 1997, 47 (3), 300–305.
- Hier, S. W.; Cornbleet, T.; Bergeim, O. The Amino Acids of Human Sweat. *J. Biol. Chem.* 1946, 166 (1), 327–333.
- Holgate, C. S.; Jackson, P.; Cowen, P. N.; Bird, C. C. Immunogold–Silver Staining: New Method of Immunostaining with Enhanced Sensitivity. *J. Histochem. and Cytochem.* 1983, 31 (7), 938–944.

Home Office Scientific Development Branch. Silver VMD. *HOSDB Fingerprint Development and Imaging Newsletter*, Oct 2005, 47/05, 8–9.

Hussain, J. I.; Pounds, C. A. *The Enhancement of Fingerprints in Blood, Part II: A Modified Amido Black Staining Technique*; HOCRE Report 649; Forensic Science Service: Birmingham, U.K., 1989a.

Hussain, J. I.; Pounds, C. A. *The Enhancement of Marks Made in Blood with 3,3',4,4'-Tetraaminobiphenyl*; CRSE Report 653; Forensic Science Service: Birmingham, U.K., 1989b.

Illsley, C. P. Superglue Fuming and Multiple Lifts. *Ident. News* 1984, 34 (1), 6, 15.

Inbau, F. E. Scientific Evidence in Criminal Cases, Part III: Finger-Prints and Palm-Prints. *Sparks From the Anvil* 1934, 2 (12), 4.

Jacquat, A. *Evolution des substances grasses des empreintes digitales au cours du temps. Analyse par TLC et GC-MS*; University of Lausanne: Lausanne, Switzerland, 1999.

James, J. D.; Wilshire, B.; Cleaver, D. Laboratory Simulation of Commercial Brass Flake Manufacture. *Powder Metal*. 1990, 33 (3), 247–252.

James, J. D.; Pounds, C. A.; Wilshire, B. Flake Metal Powders for Revealing Latent Fingerprints. *J. Forensic Sci.* 1991, 36 (5), 1368–1375.

James, J. D.; Pounds, C. A.; Phil, M.; Wilshire, B. Magnetic Flake Powders for Fingerprint Development. *J. Forensic Sci.* 1993, 38 (2), 391–401.

Johnson, H. L.; Maibach, H. I. Drug Excretion in Human Eccrine Sweat. *J. Investigative Dermatol.* 1971, 56 (3), 182–188.

Jones, N. Metal Deposition Techniques for the Detection and Enhancement of Latent Fingerprints on Semi-Porous Surfaces. Ph.D. Thesis, University of Technology, Sydney, NSW, Australia, 2002.

Jones, N. E.; Jickells, S.; Charles, Y.; Elliott, J. *Chemical Analysis of Latent Print Residue*; Forensic Science Service: London, 2001a.

Jones, N.; Mansour, D.; Stoilovic, M.; Lennard, C.; Roux, C. The Influence of Polymer Type, Print Donor and Age on

the Quality of Fingerprints Developed on Plastic Substrates Using Vacuum Metal Deposition. *Forensic Sci. Int.* 2001b, 124 (2–3), 167–177.

Jones, N.; Stoilovic, M.; Lennard, C.; Roux, C. Vacuum Metal Deposition: Factors Affecting Normal and Reverse Development of Latent Fingerprints on Polyethylene Substrates. *Forensic Sci. Int.* 2001c, 115 (1–2), 73–88.

Jones, N.; Stoilovic, M.; Lennard, C.; Roux, C. Vacuum Metal Deposition: Developing Latent Fingerprints on Polyethylene Substrates After the Deposition of Excess Gold. *Forensic Sci. Int.* 2001d, 123 (1), 5–12.

Jonker, H.; Molenaar, A.; Dippel, C. J. Physical Development Recording System: III. Physical Development. *Photographic Sci. and Eng.* 1969, 13 (2), 38–44.

Joullié, M. M. New Reagents for the Development of Latent Fingerprints. U.S. Department of Justice Grant Report 92-IJ-CX-K0154, Jan 17, 2000. <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/179287.pdf>.

Joullié, M. M.; Petrovskaia, O. A Better Way to Develop Fingerprints. *CHEMTECH* 1998, 28 (8), 41–44.

Joullié, M. M.; Thompson, T. R.; Nemeroff, N. H. Ninhydrin and Ninhydrin Analogs: Syntheses and Applications. *Tetrahedron* 1991, 47 (42), 8791–8830.

Jueneman, F. B. Stick It to 'Em. *Ident. News* 1982, 32 (6), 5, 15.

Kaiser, D.; Drack, E. Diminished Excretion of Bicarbonate from the Single Sweat Gland of Patients with Cystic Fibrosis of the Pancreas. *Eur. J. Clin. Investigation* 1974, 4 (4), 261–265.

Kasper, S. P.; Minnillo, D. J.; Rockhold, A. M. Validating IND (1,2-Indanedione). *Forensic Sci. Commun.* 2002, 4 (4).

Kausche, G. A.; Ruska, H. Die Sichtbarmachung der Adsorption von Metallkolloiden an Eiweißkörper: I. Die Reaktion kolloides Gold—Tabakmosaikvirus. *Kolloid-Z.* 1939, 89 (1), 21–26.

Kawerau, E.; Wieland, T. Conservation of Amino-Acid Chromatograms. *Nature* 1951, 168 (4263), 77–78.

Kelly, G.; Bird, D.; Burt, D.; Massey, S.; Morhart, B.; Swiderski, D. Use of Children's Glue as an Aid in Fingerprint Lifting. *Ident. Canada* 2001, 24 (4), 7–12.



Kent, T. Latent Fingerprints and Their Detection. *J. Forensic Sci. Soc.* 1981, 21 (1), 15–22.

Kent, T. *User Guide to the Metal Deposition Process for the Development of Latent Fingerprints*; HOPSDB Publication No. 24; Home Office Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 1982.

Kent, T., Ed. *Manual of Fingerprint Development Techniques*, 2nd ed.; Home Office Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 1998.

Kent, T., Ed. *Manual of Fingerprint Development Techniques*, 2004 update; Home Office Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 2004.

Kent, T. [Letter to the Editor]. A Comparison of Cyanoacrylate Fuming in a Vacuum Cabinet to a Humidity Fuming Chamber. *J. Forensic Ident.* 2005, 55 (6), 681–683.

Kent, T.; Winfield, P. Superglue Fingerprint Development—Atmospheric Pressure and High Humidity, or Vacuum Evaporation? In *Proceedings of the International Symposium on Fingerprint Detection and Identification*; Ne'urim, Israel, 1995.

Kent, T.; Thomas, G. L.; East, H. W. *Application of the Metal Deposition Technique to the Development of Fingerprints on Polythene*; HOPSDB Technical Note; Home Office Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 1975.

Kent, T.; Thomas, G. L.; Reynoldson, T. E.; East, H. W. A Vacuum Coating Technique for the Development of Latent Fingerprints on Polythene. *J. Forensic Sci. Soc.* 1976, 16 (2), 93–101.

Kent, T.; Gillett, P. C.; Lee, D. *A Comparative Study of Three Techniques: Aluminium Powdering, Lead Powdering and Metal Deposition for the Development of Latent Fingerprints on Polythene*; HOPSDB Technical Memo; Home Office Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 1978.

Kerr, F. M.; Westland, A. D.; Haque, F. Observations on the Use of Silver Compounds for Fingerprint Visualization. *Forensic Sci. Int.* 1981, 18, 209–214.

Knaap, W.; Adach, E. The Knaap Process: Lifting Two-Dimensional Footwear and Fingerprint Impressions Using Dental Stone. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (5), 561–571.

Knowles, A. M. Aspects of Physicochemical Methods for the Detection of Latent Fingerprints. *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 1978, 11 (8), 713–721.

Kobus, H. J.; Stoilovic, M.; Warrenner, R. N. A Simple Luminescent Post-Ninhydrin Treatment for the Improved Visualisation of Fingerprints on Documents in Cases Where Ninhydrin Alone Gives Poor Results. *Forensic Sci. Int.* 1983, 22 (2–3), 161–170.

Kotowski, T. M.; Grieve, M. C. The Use of Microspectrophotometry to Characterize Microscopic Amounts of Blood. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (3), 1079–1085.

Labows, J. N.; Preti, G.; Hoelzle, E.; Leyden, J.; Kligman, A. Steroid Analysis of Human Apocrine Secretion. *Steroids* 1979, 34 (3), 249–258.

Leben, D. A.; Ramotowski, R. Evaluation of Gun Blueing Solutions and Their Ability to Develop Latent Fingerprints on Cartridge Casings. *Chesapeake Examiner* 1996, 34 (2), 8–10.

Lee, H. C.; Gaensslen, R. E. Methods of Latent Fingerprint Development. In *Advances in Fingerprint Technology*, 2nd ed.; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2001; pág 105–175.

Lee, H.C.; Pagliaro, E.M. Serology: Blood Identification. In *Encyclopedia of Forensic Science*; Siegel, J., Saukko, P., Knupfer, G., Eds.; Academic Press: London, 2000; pág 1331–1338.

Lennard, C. J.; Margot, P. A. Sequencing of Reagents for the Improved Visualization of Latent Fingerprints. *J. Forensic Ident.* 1988, 38 (5), 197–210.

Lennard, C. J.; Margot, P.; Stoilovic, M.; Warrenner, R. N. Synthesis of Ninhydrin Analogues and Their Application to Fingerprint Development: Preliminary Results. *J. Forensic Sci. Soc.* 1986, 26 (5), 323–328.

Lennard, C. J.; Margot, P.; Sterns, M.; Warrenner, R. N. Photoluminescent Enhancement of Ninhydrin Developed Fingerprints by Metal Complexation: Structural Studies of Complexes Formed Between Ruhemann's Purple and Group IIB Metal Salts. *J. Forensic Sci.* 1987, 32 (3), 597–605.

Lennard, C. J.; Wallace-Kunkel, C.; Roux, C.; Stoilovic, M. B25: 1,2-Indanedione: Is it a Useful Fingerprint Reagent? In *Proceedings of the 2005 American Academy of Forensic Science Meeting*; New Orleans, LA, 2005; p 43.

- Lewis, L. A.; Smithwick, R.; Devault, G.; Bolinger, B.; Lewis, S. A. Processes Involved in the Development of Latent Fingerprints Using the Cyanoacrylate Fuming Method. *J. Forensic Sci.* 2001, 46 (2), 241–246.
- Lightning Powder Inc. Dusting for Latents. *Minutiae*, Jan–Feb 2002, 70, 2–3.
- Lobitz, W. C.; Mason, H. L. Chemistry of Palmar Sweat: VII. Discussion of Studies on Chloride, Urea, Glucose, Uric Acid, Ammonia–Nitrogen, and Creatinine. *Arch. Dermatol. Syphilol.* 1948, 57, 907–915.
- MacDonell, H. L. Bristleless Brush Development of Latent Fingerprints. *Ident. News* 1961, 11 (3), 7–15.
- Magora, A.; Azoury, M.; Geller, B. Treatment of Cocaine Contaminated Polythene Bags Prior to Fingerprint Development by Cyanoacrylate Fuming. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (2), 159–165.
- Marshall, T. Analysis of Human Sweat Proteins by Two-Dimensional Electrophoresis and Ultrasensitive Silver Staining. *Anal. Biochem.* 1984, 139 (2), 506–509.
- Masters, N. *Safety for the Forensic Identification Specialist*, 2nd ed.; Lightning Powder Inc.: Salem, OR, 2002.
- Masters, N.; DeHaan, J. D. Vacuum Metal Deposition and Cyanoacrylate Detection of Older Latent Prints. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (1), 32–45.
- McCaldin, D. J. The Chemistry of Ninhydrin. *Chem. Rev.* 1960, 60 (1), 39–51.
- McDiarmid, C. Does Haste Make Waste? *RCMP Gazette* 1992, 54 (6), 21–24.
- McMahon, P. Procedure to Develop Latent Prints on Thermal Paper. *Ident. Canada* 1996, 19 (3), 4–5.
- Menzel, E. R. *Fingerprint Detection with Lasers*, 2nd ed.; Marcel Dekker, Inc.: New York, 1999.
- Menzel, E. R. *Fingerprint Detection with Photoluminescent Nanoparticles*, 2nd ed.; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2001.
- Menzel, E. R.; Duff, J. M. Laser Detection of Latent Fingerprints—Treatment with Fluorescers. *J. Forensic Sci.* 1979, 24 (1), 96–100.
- Merrick, S.; Gardner, S. J.; Sears, V.; Hewlett, D. F. An Operational Trial of Ozone-Friendly DFO and 1,2-Indanedione Formulations for Latent Fingerprint Detection. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (5), 595–605.
- Migron, Y.; Mandler, D. Development of Latent Fingerprints on Unfired Cartridges by Palladium Deposition: A Surface Study. *J. Forensic Sci.* 1997, 42 (6), 986–992.
- Misner, A. Latent Fingerprint Detection on Low Density Polyethylene Comparing Vacuum Metal Deposition to Cyanoacrylate Fuming and Fluorescence. *J. Forensic Ident.* 1992, 42 (1), 26–33.
- Mitchell, H. H.; Hamilton, T. S. The Dermal Excretion under Controlled Environmental Conditions of Nitrogen and Minerals in Human Subjects, with Particular Reference to Calcium and Iron. *J. Biol. Chem.* 1949, 178 (1), 345–361.
- Mitsui, T.; Katho, H.; Shimada, K.; Wakasugi, Y. Development of Latent Prints Using a Sudan Black B Solution. *Ident. News* 1980, 30 (8), 9–10.
- Mitsui, T.; Katho, H.; Shimada, K.; Wakasugi, Y. Development of Latent Prints Using a Sudan Black B Solution. *Fingerprint Whorld* 1981, 6 (24), 84–85.
- Moenssens, A. A. *Fingerprint Techniques*; Chilton Book Company: Philadelphia, 1971.
- Mong, G. M.; Petersen, C. E.; Clauss, T. R. W. *Advanced Fingerprint Analysis Project. Fingerprint Constituents*; PNNL Report No. 3019; Pacific Northwest National Laboratory: Richland, WA, 1999.
- Morris, J. R. *Extensions to the NFN Reagent for the Development of Latent Fingerprints*; AWRE Report; Atomic Weapons Research Establishment: Aldermaston, U.K., February 1978.
- Morris, J. R.; Goode, G. C. NFN an Improved Ninhydrin Reagent for the Detection of Latent Fingerprints. *Police Research Bull.* 1974, 24, 45–53.
- Murphy, M. A Vacuum Metal Identification. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (5), 318–320.
- Naitoh, K.; Inai, Y.; Hirabayashi, T. Direct Temperature-Controlled Trapping System and Its Use for the Gas Chromatographic Determination of Organic Vapor Released from Human Skin. *Anal. Chem.* 2000, 72 (13), 2797–2801.
- Nakayashiki, N. Sweat Protein Components Tested by SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis Followed by Immunoblotting. *The Tohoku J. Exp. Med.* 1990, 161 (1), 25–31.



- Nicolaides, N.; Ansari, M. N. A. The Dienoic Fatty Acids of Human Skin Surface Lipid. *Lipids* 1968, 4 (1), 79–81.
- Nicolaides, N.; Fu, H. C.; Ansari, M. N. A.; Rice, G. R. The Fatty Acids of Wax Esters and Sterol Esters from Vernix Caseosa and from Human Skin Surface Lipid. *Lipids* 1972, 7 (8), 506–517.
- Norkus, P.; Noppinger, K. New Reagents for the Enhancement of Fingerprints in Blood. *Ident. News* 1986, 36 (4), 5,15.
- Odén, S.; von Hofsten, B. Detection of Fingerprints by the Ninhydrin Reaction. *Nature* 1954, 173 (4401), 449–450.
- Odland, G. F. Structure of the Skin. In *Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology of the Skin*, 2nd ed.; Goldsmith, L., Ed.; Oxford University Press: New York, 1991.
- Olenik, J. Super Glue, A Modified Method. *Ident. News* 1983, 33 (1), 9–10.
- Olenik, J. H. Cyanoacrylate Fuming: An Alternative Non-Heat Method. *J. Forensic Ident.* 1989, 39 (5), 302–304.
- Olsen, Sr., R. D. The Chemical Composition of Palmar Sweat. *Fingerprint and Ident. Magazine* 1972, 3–23.
- Olsen, Sr., R. D. *Scott's Fingerprint Mechanics*; Charles C Thomas: Springfield, IL, 1978.
- Oro, J.; Skewes, H. B. Free Amino-Acids on Human Fingers: The Question of Contamination in Microanalysis. *Nature* 1965, 207 (1), 1042–1045.
- Palenik, S. Microchemistry. In *Encyclopedia of Forensic Science*; Siegel, J., Saukko, P., Knupfer, G., Eds.; Academic Press: London, 2000; pág 1111–1116.
- Perkins, D. G.; Thomas, W. M. Cyanoacrylate Fuming Prior to Submission of Evidence to the Laboratory. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (3), 157–162.
- Petrovskaia, O.; Taylor, B.; Hauze, D. B.; Carroll, P.; Joullié, M. M. Investigations of the Reaction Mechanisms of 1,2-Indanediones with Amino Acids. *J. Org. Chem.* 2001, 66 (23), 7666–7675.
- Pounds, C. A.; Jones, R. J. Physicochemical Techniques in the Development of Latent Fingerprints. *Trends in Anal. Chem.* 1983, 2 (8), 180–183.
- Pounds, C. A.; Grigg, R.; Mongkolaussavaratana, T. The Use of 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) for the Fluorescent Detection of Latent Fingerprints on Paper. A Preliminary Evaluation. *J. Forensic Sci.* 1990, 35 (1), 169–175.
- Price, D.; Stow, K. A Method for Stopping Overdevelopment of Silver Nitrate Treated Finger and Footwear Marks. *Fingerprint Whorld* 1998, 24, 107–110.
- Puhvel, S. M. Esterification of (4-14C) Cholesterol by Cutaneous Bacteria (Staphylococcus Epidermis, Propionibacterium Acnes, and Propionibacterium Granulosum). *J. Investigative Dermatol.* 1975, 64 (6), 397–400.
- Ramasasthy, P.; Downing, D.; Pochi, P. E.; Strauss, J. S. Chemical Composition of Human Surface Lipids from Birth to Puberty. *J. Investigative Dermatol.* 1970, 54 (2), 139–144.
- Ramotowski, R. Composition of Latent Print Residue. In *Advances in Fingerprint Technology*, Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2001; pág 63–104.
- Ramotowski, R.; Cantu, A. A.; Joullié, M. M.; Petrovskaia, O. 1,2-Indanediones: A Preliminary Evaluation of a New Class of Amino Acid Visualizing Compounds. *Fingerprint Whorld* 1997, 23 (90), 131–139.
- Retinger, J. M. The Mechanism of the Ninhydrin Reaction. A Contribution to the Theory of Color of Salts of Alloxantine-Like Compounds. *J. Am. Chem. Soc.* 1917, 39 (5), 1059–1066.
- Reynoldson, T. E.; Reed, F. A. *Operational Trial Comparing Metal Deposition with Small Particle Reagent for the Development of Latent Prints on Polyethylene*; SRDB Report; Home Office Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 1979.
- Rhodes, H. *Forensic Chemistry*; Chapman & Hall, Ltd.: London, 1940.
- Robertshaw, D. Apocrine Sweat Glands. In *Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology of the Skin*, 2nd ed.; Goldsmith, L., Ed.; Oxford University Press: New York, 1991.
- Rosati, B. B. Does Superglue Hinder Traditional Firearms Identification? *AFTE J.* 2005, 37, 3–6.
- Roux, C.; Jones, N.; Lennard, C.; Stoilovic, M. Evaluation of 1,2-Indanedione and 5,6-Dimethoxy-1,2-Indanedione for

- the Detection of Latent Fingerprints on Porous Surfaces. *J. Forensic Sci.* 2000, 45 (4), 761–769.
- Ruhemann, S. Cyclic Di- and Tri-Ketones. *J. Chem. Soc. Trans.* 1910a, 97, 1438–1449.
- Ruhemann, S. Triketohydrindene Hydrate. *J. Chem. Soc. Trans.* 1910b, 97, 2025–2031.
- Ruhemann, S. Triketohydrindene Hydrate, Part III: Its Relation to Alloxan. *J. Chem. Soc. Trans.* 1911a, 99, 792–800.
- Ruhemann, S. Triketohydrindene Hydrate, Part IV: Hydrindantin and Its Analogues. *J. Chem. Soc. Trans.* 1911b, 99, 1306–1310.
- Ruhemann, S. Triketohydrindene Hydrate, Part V: The Analogues of Uramil and Purpuric Acid. *J. Chem. Soc. Trans.* 1911c, 99, 1486–1492.
- Sato, K. The Physiology, Pharmacology, and Biochemistry of the Eccrine Sweat Gland. *Rev. Physiol., Biochem. Pharmacol.* 1979, 79, 51–131.
- Saunders, G. Multimetal Deposition Method for Latent Fingerprint Development. Presented at the 74th Conference of the International Association for Identification, Pensacola, FL, 1989.
- Saunders, G. *Fingerprint Chemistry I, Final Report to U.S. Secret Service*; U.S. Secret Service: Washington, DC, 1996.
- Saunders, G. *Fingerprint Chemistry II, Final Report to the U.S. Secret Service*; U.S. Secret Service: Washington, DC, 1997.
- Schertz, T. D.; Reiter, R. C.; Stevenson, C. D. Zwitterion Radicals and Anion Radicals from Electron Transfer and Solvent Condensation with the Fingerprint Developing Agent Ninhydrin. *J. Org. Chem.* 2001, 66 (23), 7596–7603.
- Schnetz, B. Latent Fingerprint and Colloidal Gold: New Reinforcement Procedures. Abstract for the International Association of Forensic Science Conference, Dusseldorf, Germany, 1993.
- Schnetz, B. Latent Fingerprint, Colloidal Gold, and Biochemical Techniques. Abstract for the European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) Meeting, Lausanne, Switzerland, 1997.
- Schnetz, B.; Margot, P. Latent Fingerprints, Colloidal Gold and Multimetal Deposition (MMD). Optimisation of the Method. *Forensic Sci. Int.* 2001, 118, 21–28.
- Schütz, F.; Bonfanti, M.; Champod, C. La révélation des traces papillaires sur les douilles par les techniques de etching et de blueing et comparaison avec la déposition multimétallique. *Can. Soc. Forensic Sci. J.* 2000, 33 (2), 65–81.
- Schwarz, L.; Frerichs, I. Advanced Solvent-Free Application of Ninhydrin for Detection of Latent Fingerprints on Thermal Paper and Other Surfaces. *J. Forensic Sci.* 2002, 47 (6), 1274–1277.
- Scruton, B.; Robins, B. W.; Blott, B. H. The Deposition of Fingerprint Films. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 1975, 8 (6), 714–723.
- Sears, V.; Prizeman, T. M. The Enhancement of Fingerprints in Blood, Part I: The Optimization of Amido Black. *J. Forensic Ident.* 2000, 50 (5), 470–480.
- Sears, V.; Butcher, C.; Prizeman, T. M. The Enhancement of Fingerprints in Blood, Part II: Protein Dyes. *J. Forensic Ident.* 2001, 51 (1), 28–38.
- Sears, V.; Butcher, C.; Fitzgerald, L. A. Enhancement of Fingerprints in Blood, Part III: Reactive Techniques, Acid Yellow 7, and Process Sequences. *J. Forensic Ident.* 2005, 55 (6), 741–763.
- Shelley, W. B. Apocrine Sweat. *J. Investigative Dermatol.* 1951, 17, 255.
- Smith, A. M.; Agiza, A. H. The Determination of Amino-Acids Colorimetrically by the Ninhydrin Reaction. *Analyst* 1951, 76, 623–627.
- Söderman, H.; O'Connell, J. J. *Modern Criminal Investigation*; Funk & Wagnalls Co.: New York, 1935.
- Sodhi, G. S.; Kaur, J. Powder Method for Detecting Latent Fingerprints: A Review. *Forensic Sci. Int.* 2001, 120 (3), 172–176.
- Speaks, H. A. The Use of Ninhydrin in the Development of Latent Fingerprints. *Finger Print and Ident. Magazine* 1964, 45 (3), 11–13, 23.
- Speaks, H. A. Ninhydrin Prints from Rubber Gloves. *Finger Print and Ident. Magazine* 1966, 48 (3), 3–5.



Speaks, H. A. Ninhydrin Development of Latent Prints. *Finger Print and Ident. Magazine* 1970, 52 (2), 14–17.

St-Amand, F. Fingerprints from Latex Gloves. *Ident. Canada* 1994, 17 (4), 11–13.

Stimac, J. Thermal and Carbonless Papers—A Fundamental Understanding for Latent Friction Ridge Development. *J. Forensic Ident.* 2003a, 53 (2), 185–197.

Stimac, J. Thermal Paper: Latent Friction Ridge Development via 1,2-Indanedione. *J. Forensic Ident.* 2003b, 53 (3), 265–271.

Stoilovic, M. Detection of Semen and Blood Stains Using Polilight as a Light Source. *Forensic Sci. Int.* 1991, 51, 289–296.

Stoilovic, M. Improved Method for DFO Development of Latent Fingerprints. *Forensic Sci. Int.* 1993, 60 (3), 141–153.

Stoilovic, M.; Kobus, H. J.; Margot, P.; Warrenner, R. N. Improved Enhancement of Ninhydrin Developed Fingerprints by Cadmium Complexation Using Low Temperature Photoluminescence Techniques. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (2), 432–445.

Stone, R. S.; Metzger, R. A. Comparison of Development Techniques Sudan Black B Solution/Black Magna Powder for Water-Soaked Porous Items. *Ident. News* 1981, 31 (1), 13–14.

Stroud, P.T. *Some Comments on Finger Print Development by Vacuum Deposition*; AWRE Nuclear Research Note 5/71; Atomic Weapons Establishment (AWRE): Aldermaston, U.K., 1971.

Stroud, P.T. *Further Comments on Finger Print Development by Vacuum Deposition*; AWRE Nuclear 10/72; Atomic Weapons Establishment (AWRE): Aldermaston, U.K., 1972.

Suzuki, S.; Suzuki, Y.; Ohta, H. Detection of Latent Fingerprints on Newly Developed Substances Using the Vacuum Metal Deposition Method. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (5), 573–578.

Takatsu, M.; Kageyama, H.; Hirata, K.; Akashi, S.; Yoko Ta, T.; Shiitani, M.; Kobayashi, A. Development of a New Method to Detect Latent Fingerprints on Thermal Paper with o-Alkyl Derivative of Ninhydrin. *Rep. Natl. Res. Inst. Police Sci.* 1991, 44 (1), 1–6.

Theys, P.; Lepareux, A.; Chevet, G.; Ceccaldi, P. F. New Technique for Bringing Out Latent Fingerprints on Paper: Vacuum Metallisation. *Int. Criminal Police Rev.* 1968, 217, 106–109.

Thomas, G. L. The Physics of Fingerprints and Their Detection. *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 1978, 11 (8), 722–730.

Thornton, J. I. Modification of Fingerprint Powder with Coumarin 6 Laser Dye. *J. Forensic Sci.* 1978, 23 (3), 536–538.

Thorwald, J. *Crime and Science: The New Frontier in Criminology*; Brace and World, Inc: New York, 1966.

Toth, I.; Faredin, I. Steroid Excreted by Human Skin: II. C 19-Steroid Sulphates in Human Axillary Sweat. *Acta Medica Hungarica* 1985, 42 (1–2), 21–28.

Trozzi, T.; Schwartz, R.; Hollars, M. *Processing Guide for Developing Latent Prints*; Federal Bureau of Investigation, Laboratory Division, U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2000.

United Nations Environ Programme. *The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer*; United Nations Environ Programme: Nairobi, Kenya, 1999. <http://www.un-documents.net/mpsdol.htm> (accessed Jan 5, 2010).

Uyttendaele, K.; De Groote, M.; Blaton, V.; Peeters, H. Analysis of the Proteins in Sweat and Urine by Agarose-Gel Isotachopheresis. *J. Chromatogr.* 1977, 132 (2), 261–266.

Valussi, S. Microfluidics Systems for the Chemical Analysis of Fingerprint Residues. Presented at the International Fingerprint Research Group Meeting, St. Albans, U.K., 2003.

van Oorschot, R. A. H.; Treadwell, S.; Beaurepaire, J.; Holding, N. L.; Mitchell, R. J. Beware of the Possibility of Fingerprinting Techniques Transferring DNA. *J. Forensic Sci.* 2005, 50 (6), 1417–1422.

Vandenberg, N.; van Oorschot, R. A. H. The Use of Polilight in the Detection of Seminal Fluid, Saliva, and Bloodstains and Comparison with Conventional Chemical-Based Screening Tests. *J. Forensic Sci.* 2006, 51 (2), 361–370.

Vree, T. B.; Muskens, A.; Van Rossum, J. M. Excretion of Amphetamines in Human Sweat. *Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Therapie* 1972, 199 (2), 311–317.

Wade, D. C. Development of Latent Prints with Titanium Dioxide (TiO₂). *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (5), 551–559.

Wakefield, M. A.; Armitage, S. Canberra Institute of Technology, Canberra, Australia. Unpublished Results, 2005.

Wallace-Kunkel, C.; Stoilovic, M.; Lennard, C.; Roux, C. A0571: 1,2-Indanedione as a Finger Mark Reagent Optimisation and Characterisation. Presented at the 17th Meeting of the International Association of the Forensic Sciences, Hong Kong, 2005.

Wallace-Kunkel, C.; Lennard, C. J.; Stoilovic, M.; Roux, C. Evaluation of 5-Methylthioninhydrin for the Detection of Fingermarks on Porous Surfaces and Comparison. *Ident. Canada* 2006, 29 (1), 4–13.

Walls, H. J.; Attridge, G. G. *Basic Photo Science: How Photography Works*; Focal Press: London, 1977.

Walter, S. *Latent Print Visualization of Aged Lipid Residues*; Status Report, April 1999; Savannah River Technical Center: Aiken, SC, 1999.

Wargacki, S.; Dadmun, M. D.; Lewis, L. Identifying the True Initiator in the Cyanoacrylate Fuming Method. Presented at the 2005 International Association for Identification Conference, Dallas, TX, 2005.

Watkin, J. E.; Wilkinson, D.; Misner, A. H.; Yamashita, A. B. Cyanoacrylate Fuming of Latent Prints: Vacuum Versus Heat/Humidity. *J. Forensic Ident.* 1994, 4 (5), 545–554.

Watling, W. J.; Smith, K. O. Heptane: An Alternative to the Freon Ninhydrin Mixture. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (2), 131–134.

Weaver, D. E. Large Scale Cyanoacrylate Fuming. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (2), 135–137.

Weaver, D. E.; Clary, E. J. A One-Step Fluorescent Cyanoacrylate Fingerprint Development Technology. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (5), 481–492.

Weast, R. C., Ed. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 67th ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, 1986.

Wiesner, S.; Springer, E.; Sasson, Y.; Almog, J. Chemical Development of Latent Fingerprints: 1,2-Indanedione Has Come of Age. *J. Forensic Sci.* 2001, 46 (5), 1082–1084.

Wilansky, M.; Jomphe, A.; Kovacs, G.; Lawrence, J.; LeBlanc, D.; St-Pierre, M.; Wilkinson, D.; Yamashita, A. B. *A Comparison of Hand-Held Forensic Light Sources*; FIRS Technical Report #16; Royal Canadian Mounted Police: Ottawa, 2006.

Wilkinson, D. Study of the Reaction Mechanism of 1,8-Diazafluoren-9-one with the Amino Acid, L-Alanine. *Forensic Sci. Int.* 2000a, 109 (2), 87–103.

Wilkinson, D. Spectroscopic Study of 1,2-Indanedione. *Forensic Sci. Int.* 2000b, 114, 123–132.

Wilkinson, D.; Watkin, J. E. A Comparison of the Forensic Light Sources: Polilight, Luma-Lite, and Spectrum 9000. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (6), 632–651.

Wilkinson, D.; Yamashita, A. B.; Annis, K. A Comparison of Forensic Light Sources: Luma-Lite, Mini-Crimescope 400, Omniprint 1000A, Polilight PL500, and Quaser 2000/30. *Ident. Canada* 2002, 25 (1), 5–15.

Wilkinson, D.; Mackenzie, E.; Leech, C.; Mayowski, D.; Bertrand, S.; Walker, T. The Results from a Canadian National Field Trial Comparing Two Formulations of 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) with 1,2-Indanedione. *Ident. Canada* 2003, 26 (2), 8–18.

Wilkinson, D.; Rumsby, D.; Babin, B.; Merrit, M.; Marsh, J. *The Results from a Canadian National Field Trial Comparing 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) with Ninhydrin and the Sequence DFO Followed by Ninhydrin*; Technical Report TR-03-2005; Canadian Police Research Centre: Ontario, 2005.

Willinski, G. Permeation of Fingerprints Through Laboratory Gloves. *J. Forensic Sci.* 1980, 25 (3), 682–685.

Wilson, J. D.; Darke, D. J. *The Results of Analyses of the Mixtures of Fatty Acids on the Skin: Part I. Commentary*; AERE Report No. G-1154; Atomic Energy Research Establishment: ca 1978.

Yamashita, A. B. Use of a Benchtop Desiccator for Vacuum Cyanoacrylate Treatment of Latent Prints. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (2), 149–158.

Yemm, E. W.; Cocking, E. C.; Ricketts, R. E. The Determination of Amino-Acids with Ninhydrin. *Analyst* 1955, 80, 209–214.



7.17 Información Adicional

Almog, J.; Gabay, A. A Modified Super Glue Technique—The Use of Polycyanoacrylate for Fingerprint Development. *J. Forensic Sci.* 1986, *31* (1), 250–253.

Beecroft, W. Enhancement of PD Prints. *RCMP Gazette*, 1989, *21*, 17.

Boniforti, L.; Passi, S.; Caprilli, F.; Nazzaro-Porro, M. Skin Surface Lipids. Identification and Determination by Thin-Layer Chromatography and Gas-Liquid Chromatography. *Clin. Chim. Acta* 1973, *47* (2), 223–231.

Burns, T. D.; Brown, J. K.; Dinsmore, A.; Harvey, K. K. Base-Activated Latent Fingerprints Fumed with a Cyanoacrylate Monomer: A Quantitative Study Using Fourier-Transform Infra-Red Spectroscopy. *Anal. Chim. Acta* 1998, *362* (2), 171–176.

Champod, C.; Egli, N.; Margot, P. A. Fingermarks, Shoe-sole and Footprint Impressions, Tire Impressions, Ear Impressions, Toolmarks, Lipmarks, Bitemarks—A Review:

2001 to 2004. In *Proceedings of the 14th Interpol Forensic Science Symposium*; Lyon, France, 2004; págs 227–244.

Forgeot, R. *Des empreintes digitales étudiées au point de vue médico-judiciaire*; A. Storck: Lyon, France, 1891.

Hamm, E. D. Chemical Developers in Footwear Prints. *Fingerprint Whorld* 1984, *9*, 117–118.

Loveridge, F. H. Shoe Print Development by Silver Nitrate. *Fingerprint Whorld* 1984, *10* (38), 58.

Morton, S. Shoe Print Development by PD Treatment. *Fingerprint Whorld* 1983, *9* (34), 60–61.

Siegel, J., Saukko, P., Knupfer, G., Eds.; *Encyclopedia of Forensic Sciences*; Academic Press: London, 2000.

Yong, A. S. J. *Detection of Latent Fingerprints with Cyanoacrylates: New Techniques Involving Coloured and Photoluminescent Compounds*; Australian National University: Canberra, ACT, Australia, 1986.

CAPÍTULO



LA PRESERVACIÓN DE LAS CRESTAS DE FRICCIÓN

LAURA A. HUTCHINS

AUTOR COLABORADOR:
ROBERT E. MAY

CONTENIDO

3 8.1 Introducción

3 8.2 Historia de la Fotografía

5 8.3 La Fotografía en la Comunidad
de Justicia Penal

6 8.4 La Cámara de Huellas Dactilares

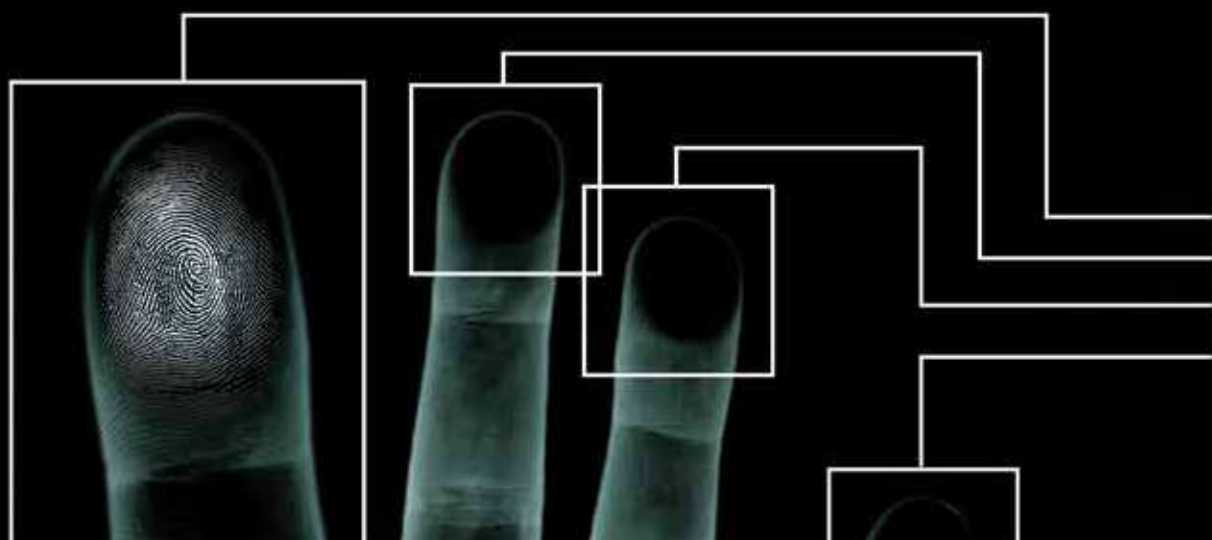
7 8.5 Fotografía Moderna

16 8.6 Otros Métodos de Preservación
de las Crestas de Fricción

19 8.7 Conclusión

19 8.8 Revisores

19 8.9 Referencias





CAPÍTULO 8

LA PRESERVACIÓN DE LAS CRESTAS DE FRICCIÓN

LAURA A. HUTCHINS

AUTOR COLABORADOR:
ROBERT E. MAY

8.1 Introducción

Inherente a la comunidad de justicia penal, y en concreto el laboratorio criminal, es la política que la información derivada de evidencias se debe preservar en la medida posible. Con respecto a los detalles de las crestas de fricción, los métodos de conservación incluyen fotografía en papel y digital, levantadores de impresiones latentes y el uso de material de moldeado. Aunque estos dos últimos métodos crean evidencias secundarias en forma de un levantador o un molde, la toma de fotografías de los detalles de las crestas de fricción en el levantador o el molde sigue siendo importante para generar evidencia secundaria adicional. Ciertamente, con respecto a los laboratorios estatales y nacionales, las pruebas presentadas con un caso deben ser devueltas al contribuyente. Con esto en mente, la preservación de toda la información relevante de las crestas de fricción procedente de la evidencia es obligatoria y la producción de una imagen de archivo permite que la mayor parte de la información se conserve en el expediente del caso.

8.2 Historia de la Fotografía

La fotografía data de los tiempos de Aristóteles y su estudio de la luz, específicamente su referencia hacia el paso de la luz a través de un pequeño agujero y la creación de una imagen revertida en el piso (London, 2005, pág. 368). En el siglo X, el erudito árabe Alhazen describió a detalle el descubrimiento de la cámara oscura (London, 2005, pág. 368). Explicó cómo la luz podría pasar a través de un simple agujero en una pared de un cuarto oscuro y proyectar imágenes invertidas desde el exterior hacia la pared opuesta del cuarto oscurecido. Alhazen hizo referencias específicas a la habilidad de observar un eclipse solar por este método. Eventualmente, la cámara oscura se volvió del tamaño de una caja y se incorporaron lentes para enfocar y un espejo para ajustar la luz. El uso original de la cámara oscura fue para los artistas como un apoyo para dibujar en perspectiva (Davenport, 1999, pág. 4).

La palabra fotografía (derivada de dos vocablos griegos antiguos, *phos*, que significa luz, y *graphos*, que significa

escritura) fue acuñada por Sir John Herschel en 1839 (Redsicker, 1994, pág. 1). La primera aplicación de registro de imágenes por la acción de la luz en un material sensible fue 12 años antes del uso de Herschel de esta palabra. Fue en 1827 cuando el inventor francés Joseph Nicéphore Niépce tomó la primera imagen exitosa con exposición solar. Se colocó una cubierta estaño con una mezcla de betún de Judea (una sustancia semejante al asfalto) y aceite de lavanda dentro de una cámara oscura que tenía por objeto el patio fuera de su ventana. Después de 8 horas, la placa de estaño fue retirada de la cámara oscura y se enjuagó en el aceite de lavanda. La mezcla de betún se había endurecido en las áreas de la placa que habían sido expuestas a la luz, mientras que la mezcla de betún en las áreas no expuestas se mantuvieron solubles y se lavaron en el enjuague (London, 2005, pág. 368). El resultado fue una escena permanente de la vista fuera de la ventana de Niépce en la placa de estaño.

En 1829, Niépce formó una sociedad con un químico, Louis Jacques Mandé Daguerre. La sociedad se formó con el fin de mejorar el proceso descubierto por Niépce. Desafortunadamente, después de cuatro años de experimentación sin frutos, Niépce murió de un infarto. Daguerre continuó experimentando con el fin de encontrar una manera de reducir el tiempo necesario de exposición y fijar permanentemente la imagen fotográfica. Para 1837, Daguerre había descubierto que al recubrir una placa de cobre con plata y exponerla a cristales de yodo, se llevaría a cabo una reacción química, produciendo un compuesto yodado de plata sensible a la luz. La placa se colocó dentro de una cámara oscura y se expuso, y una imagen latente se registró en la placa. Después

se eliminó la placa y se expuso a vapores de mercurio que causaron la formación de una aleación donde el yodado de plata se había expuesto a la luz. El yodado de plata sin exponer se lavó en una solución de fijación salina, dejando metal al natural. La placa resultante contuvo una imagen; la aleación de plata formó las áreas luminosas de la imagen y el metal al natural formó las áreas oscuras (London, 2005, pág. 369). El nombró el resultado final como *daguerrotipo* (Figura 8-1). Obviamente, el uso de un plato sencillo para la fotografía planteó otro problema: ¿cómo se sacaba una copia?

Esta pregunta la respondió el inglés William Henry Fox Talbot. Talbot experimentó con la fotografía al mismo tiempo que Daguerre; sin embargo, Talbot estaba utilizando papel en lugar de placas de cobre. Talbot utilizó papel sensibilizado con cloruro de plata, un compuesto formado al combinar sal de mesa con nitrato de plata y ácido gálico. El papel sensibilizado se expuso por un par de minutos, produciendo una imagen latente. Esta imagen se visualizó al tratar el papel con el nitrato de plata y el ácido gálico y se fijó en una solución de potasio yodado de hipo (Davenport, 1999, pág. 9). Este *negativo* después se colocó sobre otra pieza de papel sensible a la luz y expuesto, creando una imagen *positiva*. Esta técnica, conocida como calotipo, fue el primer proceso negativo-positivo (London, 2005, pág. 370). Desafortunadamente, la nitidez de la imagen final palidecía en comparación con la del daguerrotipo, y el daguerrotipo en sí continuó prosperando.

En 1851 otro inglés, F. Scott Archer, descubrió el uso de *colodión* mojado en la fotografía. Este proceso fue una mezcla del calotipo (una impresión de la imagen negativa y positiva en papel) y el daguerrotipo (con su nitidez). Esta técnica utilizó placas de vidrio cubiertas de colodión, el cual

FIGURA 8-1

Antiguo daguerrotipo del Capitolio de los Estados Unidos, CA, 1846.

(Reimpreso de la colección de la Biblioteca del Congreso, disponible en línea en www.memory.loc.gov.)





es *algodón pólvora* (nitrocelulosa, un compuesto inflamable) disuelto en éter o alcohol. Las placas de metal se sensibilizaron, expusieron y revelaron, todas mientras el colodión estaba aún mojado (Davenport, 1999, pág. 18-19). Aunque la técnica era complicada por el hecho de que las placas de vidrio tenían que permanecer mojadas, era mucho más barato que el método de Daguerre, y produjo negativos que resultaron mucho más nítidos que los calotipos, que redujeron el tiempo de exposición a solo unos segundos. Ya que Archer nunca patentó su descubrimiento, el uso de este tipo de fotografía se adoptó mundialmente y suplantó los otros dos métodos previos. Durante los próximos 20 años, el método mojado de fotografía continuó dando resultados.

En 1871, Richard Leach Maddox produjo la primera placa seca viable que retuvo sensibilidad de luz (Davenport, 1999, pág. 22-23). El descubrimiento de Maddox fue motivado por los problemas de salud causados por la exposición excesiva al vapor de éter utilizado en el proceso de colodión húmedo. Al ser un entusiasta de la fotografía, buscó un método alternativo para adherir las sales de plata a la placa de vidrio. Se descubrió que en lugar de utilizar colodión húmedo, podría revestir el vidrio con una emulsión de gel que el material sensibilizante adhiriera y el vidrio todavía conservara sus propiedades sensibles a la luz (Harrison, 1888, pág. 61).

A medida que más y más fotógrafos comenzaron a utilizar este método, el deseo de que el proceso estuviera más disponible para fotógrafos aficionados y al público en general se convirtió en el punto focal de un hombre, George Eastman. Ya para 1888, Eastman había iniciado un método de producción en masa de rollos de película para papel seco contenidos dentro de una cámara en forma de caja simple, llamada Kodak.

8.3 La Fotografía en la Comunidad de Justicia Penal

8.3.1 Identificando al Criminal: Galerías 'Rogues' del Pasado

Con la llegada de la segunda Revolución Industrial (1871-1914), la población de las ciudades se llenó de personas que iban y venían en barcos de vapor y trenes. A medida que las ciudades crecieron, también lo hizo el elemento criminal. Era un momento fácil para ser un criminal. La comunidad de justicia penal no tenía un método establecido de reconocimiento a los reincidentes. Fue muy fácil para los reincidentes negar su verdadera identidad al simplemente dar a las autoridades otro nombre. De hecho, en el momento, el único método de reconocimiento criminal era el recuerdo de los agentes de policía. Cuando se descubrió el daguerrotipo, la comunidad de justicia penal puso en práctica rápidamente la fotografía como una forma de documentar a los delincuentes.

Las colecciones de fotografías de delincuentes con fines de identificación empezaron a ser conocidas como galerías 'Rogues'. Las galerías 'Rogues' se muestran en los departamentos de policía como referencia mientras se registran a los sospechosos y, después de la invención de los negativos fotográficos, sirvieron como modelo para posters de "se busca". A finales de la década de 1800, las extensas galerías 'Rogues' se podían encontrar en muchos departamentos de policía. Finalmente, Alphonse Bertillon (véase el Capítulo 1, pág. 8) incorporó retratos hablados, ahora conocidas como fotografías de delincuentes (*en inglés, mug-shots*) (Figura 8-2), en su sistema de identificación (Phillips, 1997, pág. 20).



FIGURA 8-2

Retratos hablados de Alphonse Bertillon tomados en 1897.

(Reimpreso con permiso de la colección fotográfica de R.A. Reiss en el Instituto de Policía Científica, Universidad de Lausanne.)

Desde este estándar se produjeron libros sobre la técnica de frente y lado de las fotografías de prontuario. En esencia, la galería de pillos de la pared se convirtió en un libro de bolsillo.

8.3.2 Documentando el Crimen

Las ventajas de la cámara fueron más allá de la mera acumulación de galerías de delincuentes. Fue una progresión natural de la documentación del delincuente a la documentación de la propia delincuencia (Figura 8-3). El valor del registro de forma permanente de una representación verdadera y exacta de un delito vino a ser una herramienta de investigación muy valiosa. No sólo podían las fotografías hacer lo que un testigo no podía, sino que eran vistos como registros objetivos (Buckland, 2001, pág. 27). Ya en 1859, las fotografías comenzaron a aparecer en la sala del tribunal, yendo desde fotografías que comparan firmas falsificadas y no falsificadas hasta las fotografías que establecen la verdadera identidad de un cadáver (Moenssens).

Con el advenimiento del laboratorio de delitos, la evidencia que fue fotografiada en el lugar de los hechos podría ser analizada y fotografiada en un entorno controlado. Por la década de 1930, los laboratorios de delitos de servicio completo surgieron en todo el mundo (por ejemplo, el laboratorio del FBI en 1932, el Laboratorio Forense de la Policía Metropolitana de Londres en 1935). El advenimiento del laboratorio de delitos ocurrió en conjunto con varios hitos de la ciencia forense. La década de 1930 fue testigo de la anunciación de los archivos de la máquina de escribir estándar, los archivos de verificación fraudulentas, archivos de pintura automotriz, las colecciones de referencia de armas de fuego, el uso del polígrafo, el primer uso de la prueba de sangre ABO en la evidencia forense, servicios metalúrgicos, el análisis de residuos de disparo, el análisis

de ADN secretor, luminol como una prueba presuntiva para la sangre y la creación de la Sección de la Huella Dactilar Individual en el FBI. A medida que se establecieron los métodos de detección forense en los laboratorios de delitos, el registro de los resultados a través de la fotografía se convirtió en un procedimiento estándar.

8.4 La Cámara de Huellas Dactilares

La primer cámara diseñada específicamente para el trabajo con huellas dactilares fue hecha por Folmer & Schwing Manufacturing Company of New York a principios del siglo 20. La cámara era auto suficiente, proveyendo un lente de enfoque fijo e iluminación dentro de una caja rectangular (Figura 8-4). El lente se posicionó en un punto fijo que produjo una imagen focalizada de tamaño real en el negativo (1:1) y las lámparas se activaron por el movimiento del disparador, exponiendo así la placa de vidrio de 2 x 3 pulgadas (Lightning Powder Co., Inc., 2003, pág. 5). Se tomó una fotografía al posicionar el extremo abierto de la cámara rectangular sobre la impresión y presionando el botón de exposición. La creación de este tipo de cámara permitió que una persona no capacitada en el arte de la fotografía tomara fotografías de impresiones latentes.

Este tipo de cámara de huellas dactilares permaneció en existencia hasta la década de 1970. Los avances tecnológicos se incorporaron al diseño a través de los años, pero el concepto básico y facilidad de uso continuaron. Los avances involucraron tipos de lentes adicionales, velocidades de disparo variables, aberturas ajustables, bulbos de flash electrónicos y el uso de rollo de película o películas de tipo Polaroid de tamaños que varían de las 2 ¼" x 3 ¼" a las 4" x 5" (Olsen, 1978, pág. 178).

FIGURA 8-3

Daguerrotipo tomado después del asesinato del presidente Lincoln.

(Reimpresión de www.civilwarphotos.net.)





8.5 Fotografía Moderna

Como sucede con cualquier tipo de tecnología de uso específico, el costo del equipo especializado lleva a la necesidad de equipo más asequible que pueda utilizarse para otros propósitos. Los departamentos de policía más pequeños no podían costear la compra de una cámara de huellas dactilares, así que comenzaron a revestir las cámaras que poseían con adiciones para fotografía de huellas dactilares (Olsen, 1798, pág. 147). Una cámara de uso general podía ser adaptada para el trabajo con huellas dactilares con el uso de un soporte de cámara, luz y lentes apropiados. Otro factor que permitió la fácil transición al uso tradicional de la cámara que la facilidad con la que se podían fotografiar objetos filosos. La cámara de huellas dactilares estaba perfectamente capacitada para la evidencia plana, pero la evidencia de que era irregular en forma posó problemas de profundidad de campo. Adicionalmente, aunque la cámara de huellas dactilares era apropiada para el procesamiento de técnicas básicas de huellas dactilares tales como el uso de polvos, el advenimiento de las fuentes de luz forense demandaron el uso de equipo de cámaras no específico.

8.5.1 Fotografía en Película

La película moderna se compone de láminas plásticas que están recubiertas con una emulsión que contiene sales de haluro de plata unidas por gel. El tamaño del grano de la sal de haluro de plata determina la sensibilidad del filme y la resolución resultante. La película con un tamaño más pequeño de grano, conocida como *película lenta*, requiere una exposición más larga pero produce una fotografía con detalles más finos. Cuando las sales de haluro de plata se exponen a una forma de luz, una imagen invisible se graba

en la película. Los químicos de revelado de película se aplican después a la película expuesta con el fin de visualizar las imágenes latentes. Este proceso causa la conversión de las sales de haluro de plata en plata metálica. La plata metálica bloquea la transmisión de luz y forma la poción negra de un negativo.

Existen generalmente tres formatos de cámara disponibles: pequeña, mediana y grande. En fotografía, el término “formato” se refiere al tamaño de la película que se utiliza en la cámara. Las cámaras de formato pequeño utilizan película que es de 35 mm y más pequeña. La principal desventaja de utilizar una cámara de formato pequeño es que el negativo pequeño debe agrandarse en el proceso de impresión. Un formato mediano de cámara utiliza película que se ha fijado a 6 cm de ancho pero varía en longitud, que va de 4.5 cm a 7 cm. Las cámaras de formato grande utilizan una película que es de 4 x 5 pulgadas o más grande. La ventaja de tener una cámara de formato grande es la resolución más alta que se obtiene.

8.5.2 Fotografía Digital

La historia de la cámara digital está enraizada a la tecnología que dio auge a la televisión y a la primera grabadora de video. Esta tecnología permitió la conversión de información en impulsos eléctricos que pudieran ser grabados en cinta magnética. En 1970, Willard Boyle y George Smith de AT&T Bell Labs inventaron el *dispositivo de acoplamiento de carga (CCD, por sus siglas en inglés)* (Boyle, 1970). Esencialmente, un CCD es un sensor de grabación de imagen que contiene elementos de fotografías, comúnmente referidos como *pixeles*, en una cuadrícula (Bidner, 2000, pág. 25). Los pixeles en el sensor graban la luz electrónicamente (por ejemplo, la luz se convierte en



FIGURA 8-4

Cámara de huellas dactilares auto contenida

(Cortesía del Museo de la Policía del Sur de Gales.)

electrones). Generalmente, mientras más grande sea el número de píxeles en el CCD, más nítida será la imagen. Esta luz grabada electrónicamente después se convierte en datos digitales.

Con respecto a la fotografía, una cámara digital graba la imagen con un CCD en lugar de grabar la imagen en película (Ippolito, 2003, pág. 36). Específicamente, una imagen es enfocada en el sensor a través del lente. El sensor para la cámara digital contiene millones de celdas CCD (píxeles) en una cuadrícula. Cada CCD graba un color y un valor de brillo (tonal) que se almacena como una serie de números en la memoria de la cámara. Estos números almacenados entonces se vuelven a ensamblar y enviar como una imagen a la impresora o la pantalla de una computadora. Debido al volumen de píxeles en la cuadrícula, el ojo humano ve la imagen grabada en tonos continuos, tal como lo vería en una fotografía (London, 2005, pág. 200).

La clave para entender la tecnología de la cámara digital es la resolución del píxel. La resolución del píxel se refiere al número de píxeles en una imagen. Por ejemplo, una imagen de 1000 x 1000 píxeles impresa en una pulgada cuadrada tendría 1000 píxeles por cada pulgada (PPI).

Las cámaras fotográficas tradicionales se basan en el formato de película; el formato de archivo de la cámara digital se basa en el almacenamiento de datos. La mayoría de las cámaras digitales ofrece una selección de formatos de archivos para salvar imágenes. Existen dos tipos principales de formatos: comprimidos y sin comprimir. Los formatos de archivos comprimidos producen archivos de imagen más pequeños que permiten más espacio de almacenamiento. Las imágenes se reducen en tamaño por el descarte o pérdida de información de píxeles. Cada vez que una imagen se salva en un formato comprimido, se pierde información. Debido a esta pérdida, los formatos de compresión de archivo se les refiere como *con pérdida* (*lossy*, por su término en inglés). El formato de compresión con pérdida más común es JPEG (Joint Photographic Experts Group).

Los formatos de archivo sin comprimir son aquellos en los cuales los valores del píxel no se han perdido y la imagen puede ser recuperada en su forma original (Federal Bureau of Investigation, 2004, pág. 14). Los formatos de archivo sin comprimir incluyen el TIFF (formato de archivo de información etiquetada) y RAW (es decir, el formato de archivo sin procesar, nativo de la cámara). Ambos formatos almacenan una imagen en su forma original, aunque requieren

mayor espacio de almacenamiento. Para el propósito del grabado de impresiones de la cresta de fricción, el uso de imágenes TIFF o RAW en la fotografía digital se valoran para asegurar que la integridad de la evidencia se preserve.

Un aspecto vital del mantenimiento de la integridad de la evidencia es la adquisición de una cámara digital que cumpla o exceda las directrices establecidas por el Grupo de Trabajo Científico sobre el Análisis, Estudio y Tecnología de las Crestas de Fricción (SWGFAST) (SWGFAST, 2009) y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías (NIST). NIST ha establecido que la resolución mínima de una imagen tomada por una cámara digital que se utiliza para evidencia de impresión latente sea de 1000 PPI a 1:1 (SWGIT, 2002; SWGFAST, 2009, pág. 2).

Otro aspecto de la fotografía digital en relación a la comunidad de justicia penal es el mantenimiento de la imagen digital original. La imagen original debe almacenarse en un estado no alterado. Las imágenes originales pueden almacenarse en los siguientes medios: negativo de película basado en plata, disco compacto grabable de una sola ocasión (CD-R) y disco versátil digital grabable (DVD-R) (SWGIT, 2006, pág. 3-4). Si se necesitara procesamiento digital, deberá llevarse a cabo en una imagen duplicada.

Además de la adquisición de impresiones de huellas dactilares con una cámara digital, las impresiones sobre superficies relativamente planas pueden ser digitalizadas a través del uso de un escáner plano y las imágenes pueden ser importadas a una computadora. Un escáner plano consiste en una pieza plana de vidrio, conocida como *plancha*, una fuente de luz debajo de la plancha y dentro de la tapa, y un sensor CCD de grabado de imagen en un riel por debajo de la plancha. Los elementos que se vayan a escanear se colocan boca abajo en la plancha y el carrito del sensor CCD se mueve por debajo del elemento, grabando la imagen. El tipo de elemento que se vaya a escanear dicta la ubicación de la fuente de luz para el escaneo (levantamientos opacos contra transparentes). Para elementos opacos, se utiliza la luz en el tracto por debajo de la plancha. A medida que el tracto se mueve debajo del elemento, el sensor CCD graba la luz que se refleja desde el elemento. A esto se le conoce como *escaneado reflectante*. El *escaneado transmisivo* se utiliza para grabar imágenes transparentes en un elemento. Con el escaneado transmisivo, la luz de la tapa se transmite a través del elemento y sobre el CCD. Como la cámara digital, el escáner plano debe ser capaz de producir los PPI requeridos para las impresiones latentes impuesto por NIST y las imágenes originales deben ser grabadas en el medio apropiado.



8.5.3 Propiedades de la luz

La fotografía es la grabación de imágenes en un material sensible por medio de la reacción de la luz y el fotógrafo se beneficiará al saber algo acerca de sus propiedades y cómo controlarlas.

La luz viaja como ondas. Las ondas de luz ordinariamente viajan en líneas rectas, pasando por algunas sustancias y siendo absorbidas o reflejadas por otras. Las formas de energía transmitidas por las ondas de cualquier tipo se clasifican de acuerdo con su longitud de onda en un sistema llamado *espectro electromagnético*. Esta clasificación es importante porque permite la asignación de una longitud de onda dada a cada forma de energía con la cual la fotografía se relaciona. Para la fotografía de huellas dactilares. Las longitudes de onda que son más importantes son aquellas de onda corta o larga en el espectro invisible de luz ultravioleta y luz visible.

El término espectro se refiere al rango entero de radiación electromagnética. En su naturaleza básica, no existen diferencias entre las ondas de luz y otros tipos de ondas electromagnéticas. Los diferentes tipos de ondas electromagnéticas que componen el espectro electromagnético son los rayos gamma, rayos x, radiación ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, ondas de radar y radiales (Figura 8-5) (Langford, 1973, pág. 23).

8.5.3.1 Luminiscencia. Cuando ciertos materiales, tales como algunos sólidos, líquidos o gases, están sujetos a radiación electromagnética o luz monocromática, emitirán luz con una longitud de onda más larga (Miller, 1998, pág. 205). A este evento se le llama *luminiscencia*. Los dos tipos particulares de luminiscencia son conocidos como *fluorescencia* y *fosforescencia*. Si la luminiscencia cesa en una fracción de segundo (es decir, menos de 10^{-6} segundos) (Menzel, 1980, pág. 68) después de remover la radiación excitante, al fenómeno se le llama fluorescencia. Aunque la fluorescencia cesa casi

inmediatamente después de remover la radiación excitante algunas sustancias continúan emitiendo luminiscencia por un tiempo. A este fenómeno se le llama fosforescencia (Miller, 1998, pág. 205). Para la mayoría de los propósitos de creación de imágenes de huellas dactilares, la diferencia entre fluorescencia y fosforescencia son inconsecuentes.

La *radiación ultravioleta invisible* (UV) es aquella porción del espectro electromagnético que puede inducir luminiscencia visible en ciertos materiales. La *radiación ultravioleta invisible de onda larga* en el espectro electromagnético va de los 320 nm a los 390 nm. La *luz visible* es aquella porción del espectro electromagnético que normalmente simula la vista. La luz visible en el espectro electromagnético varía de los 390 nm a los 700 nm. Cuando los materiales absorben luz y reemiten esta luz a longitudes de onda más largas, la diferencia entre la absorción y emisión es conocida como *cambio de Stokes* (Figura 8-6) (Menzel, 1980, pág. 9).

8.5.3.2 Filtros utilizados en la fotografía luminiscente. Se necesita un *filtro de barrera* con calidad fotográfica óptica y con propiedades de absorción y transmisión para visualizar y fotografiar las impresiones latentes luminiscentes. El filtro de barrera absorberá o reflejará la mayoría de la excitación y transmitirá la longitud de onda lo suficientemente larga para permitir la realización de imágenes fotográficas (Figura 8-7). Sin el filtro de barrera, la luz de excitación tiende a completarse y desvanecerse con el detalle de la cresta de fricción luminiscente. En algunas instancias, un filtro de barrera puede ayudar a bloquear la fluorescencia interferente. Las fuentes de luz forense modernas vienen con una gama de opciones de nanómetro y filtros de barrera que permiten la visualización y fotografía resultante de impresiones latentes luminiscentes (Tabla 8-1). Para la mayoría de las fuentes de luz forense (por ejemplo, láser, fuentes de iluminación alternas, LED), los filtros de barrera habituales son de color naranja (ámbar), amarillo y rojo.

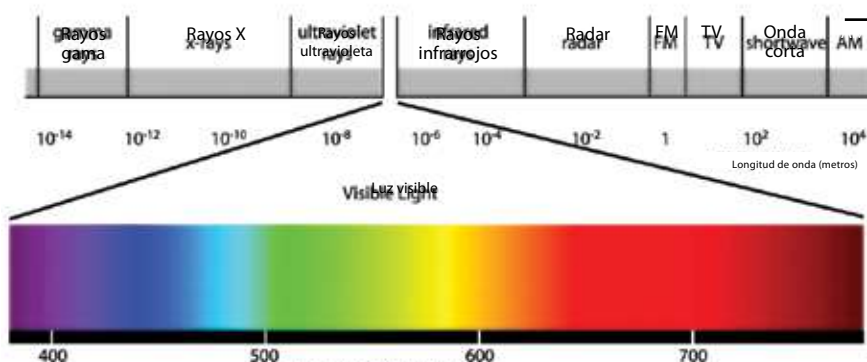


FIGURA 8-5

Espectro electromagnético.



FIGURA 8-6

Cambio de Stokes.

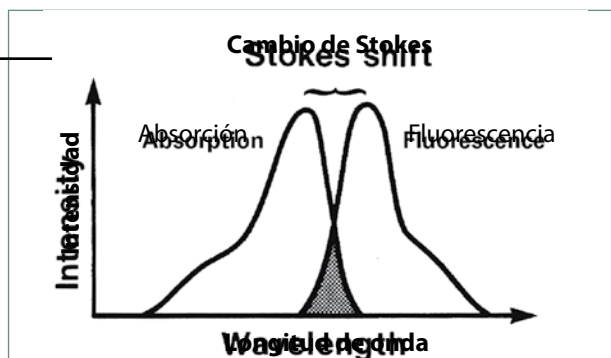


FIGURA 8-7

*Esquema básico para la
detección de la fuente
de luz forense.*

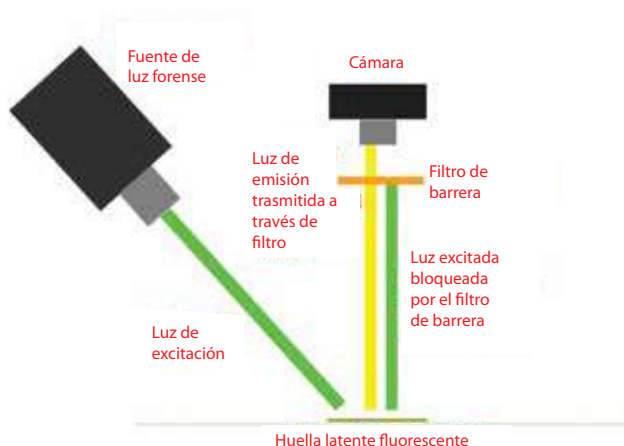


Tabla 8-1

La luz emitida y selecciones de filtro correspondiente (Hardwick, 1990, pág. 21; Eastman Kodak Company, 1990, pág. 4).

Luz emitida (color)	Nanómetros correspondientes	Filtro de barrera (color)	Filtro común de barrera
Invisible ultravioleta	320–400	Amarillo pálido	390, 405, 415
Violeta/Azul	350–469	Amarillo	476
		Amarillo/Naranja	510, 515
		Naranja	529, 550
		Rojo	593
Azul	352–519	Amarillo/Naranja	510, 515
		Naranja	529, 550
		Rojo	593
Azul/Verde	468–526	Naranja	529, 550
		Rojo	593
Verde	473–546	Naranja	549
		Rojo	593
Verde/Amarillo	503–591	Rojo	593



El uso de radiación ultravioleta de onda larga, impresiones latentes reveladas con tratamientos químicos, tinturas, y polvos fluorescentes son a menudo visibles sin el uso de un filtro. Sin embargo, al fotografiar impresiones latentes iluminadas, con una película en blanco y negro o en un formato digital, utilizando un filtro de barrera UV bloqueará la luz invisible que la película o el sensor digital son sensibles a, eliminando así la posibilidad de distorsión o la sobreexposición de una imagen.

8.5.4 Equipo de Fotografía de Acercamiento

Cámaras de medio y pequeño formato necesitan un lente macro con el fin de tomar fotografías en primer plano. Una lente macro se clasifica como una lente de campo plano, lo que significa que las imágenes se producen en un plano, incluso, manteniendo así la nitidez en los bordes (Eastman Kodak Company, 1988, pág. 41). A la inversa, una lente estándar se clasifica como una lente de campo curvada, es decir, las imágenes se producen en un plano inclinado. Esto hace que una lente estándar menos deseable para la fotografía de primer plano debido a que los bordes van a perder su nitidez.

Métodos adicionales para lograr fotografía en primer plano son lentes de aproximación, revirtiendo adaptadores de anillo y unidades de fuelle. Los lentes de aproximación son lentes de vidrio transparente que se utilizan para aumentar la ampliación de la lente estándar. Los lentes de aproximación se atornillan en la roscas de montaje en la parte frontal de la lente. Las lentes se numeran de 1 a 10, con el número más alto representando el aumento de la potencia de la lente. Un adaptador de anillo de inversión permite que la lente se de vuelta de modo que el elemento trasero de la lente se dirija hacia el sujeto. Esto aumenta la distancia entre el plano de la película y la lente, aumentando así el tamaño de la imagen. Una unidad de fuelle flexible se extiende hacia delante de la lente, lo que permite un enfoque más cercano.

8.5.5 El uso de Filtros

El uso de película en blanco y negro en la fotografía de impresión latente permite el uso de filtros de color para un contraste aumentado. Estos filtros aclaran u oscurecen las imágenes y dependen del color de fondo; un filtro de color aclarará el tono del mismo color y oscurecerá el tono de un color complementario (Tabla 8-2).

8.5.6 Iluminación

8.5.6.1 Equipo. La fuente de la iluminación puede ser una lámpara fotográfica de laboratorio, visor de diapositiva fotográfica, flash electrónico, fuente de luz forense, o la luz para ver negativo fotográfico. Un difusor se utiliza con el fin de proporcionar una iluminación uniforme de todo el objeto que está siendo fotografiado. Cualquier tipo de cubierta translúcida (por ejemplo, plexiglás o papel blanco fino) se puede utilizar como un difusor. El difusor se coloca entre el objeto que está siendo fotografiado y la fuente de luz, de aproximadamente 6 a 12 pulgadas de distancia de la fuente de luz. (Cuando el difusor y la luz están demasiado cerca, la luz será más brillante en el centro de la zona).

Tabla 8-2

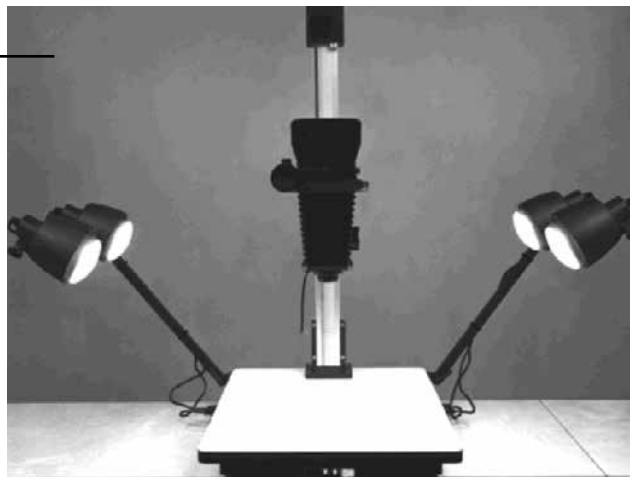
Filtros de ajuste de contraste.

Background Color	Filter Used to Lighten	Filter Used to Darken
Azul	Azul	Rojo
Rojo	Rojo	Azul
Verde	Verde	Rojo o Azul
Naranja	Amarillo	Azul
Amarillo	Amarillo	Azul

8.5.6.2 Técnicas de iluminación. El tipo de prueba que se va a fotografiar determina el tipo de técnica de iluminación propia. Por ejemplo, la evidencia de que es reflejante requerirá una técnica de iluminación muy diferente que las pruebas de que son transparentes. Con el fin de tomar fotografías precisas y claras, el fotógrafo debe tener una comprensión de las diversas técnicas de iluminación que están disponibles.

Iluminación directa. La iluminación directa proporciona una fuerte iluminación de una fuente de luz antes de haber sido reflejada de alguna otra superficie. Este tipo de iluminación produce un contraste importante entre las zonas claras y oscuras del objeto a fotografiar. La iluminación directa está configurada con dos o cuatro luces igualmente equilibradas y ajustadas 45 grados por encima del objeto, con la luz que brilla directamente sobre el objeto (Figura 8-8).

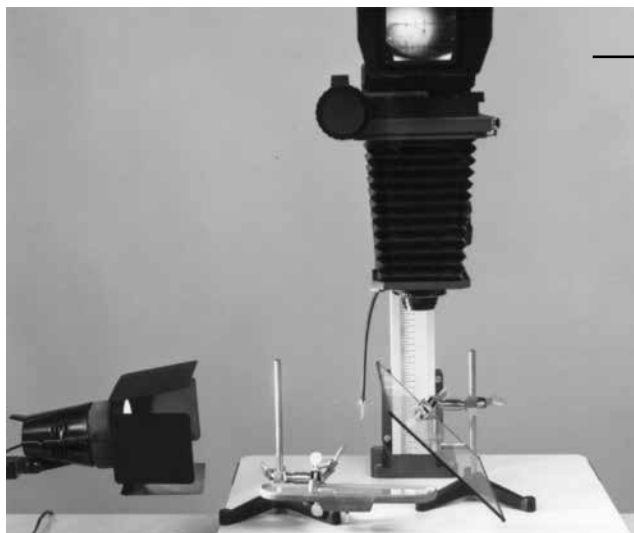
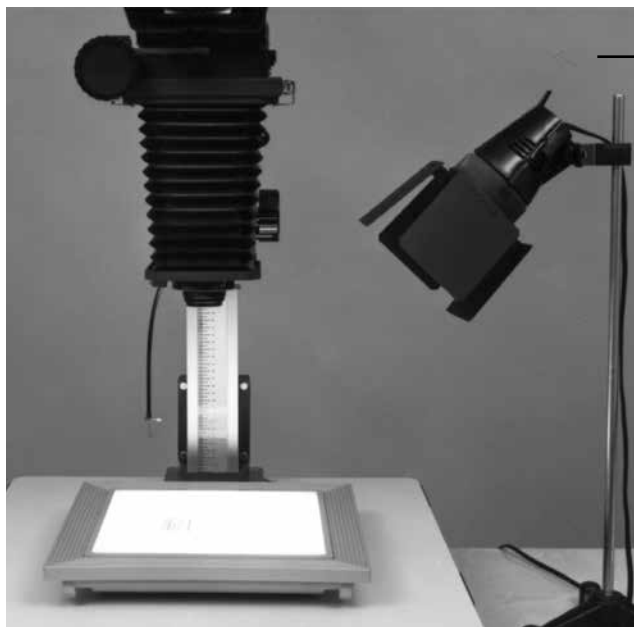
Iluminación de reflexión directa. La iluminación de reflexión directa utiliza una fuente de luz a unos 10 grados del

FIGURA 8-8*Iluminación directa.***FIGURA 8-9***Iluminación direccional frontal.*

objeto, con el objeto puesto en aproximadamente en 10 grados de la lente de la cámara. Esta técnica sólo se puede utilizar en superficies planas y crea un contraste muy alto. Huellas latentes reveladas con el polvo negro, gris o plata siempre fotografiarán oscuro (negro) con un gris claro (blanco) de fondo (Figura 8-9).

Frente direccional de iluminación. La iluminación direccional delantera (axial o la iluminación de eje) utiliza una

fuentes de luz fijado en 90 grados desde el eje de la lente de la cámara. El objeto a fotografiar está montado directamente bajo la lente de la cámara. Un pedazo de vidrio se coloca en el eje de la lente de la cámara en un ángulo de 45 grados para reflejar la luz hacia abajo sobre el objeto. La iluminación direccional frontal se utiliza para fotografiar las huellas latentes en los espejos o las impresiones en el interior elementos curvos (por ejemplo, vasos o tazas) (Figura 8-10).

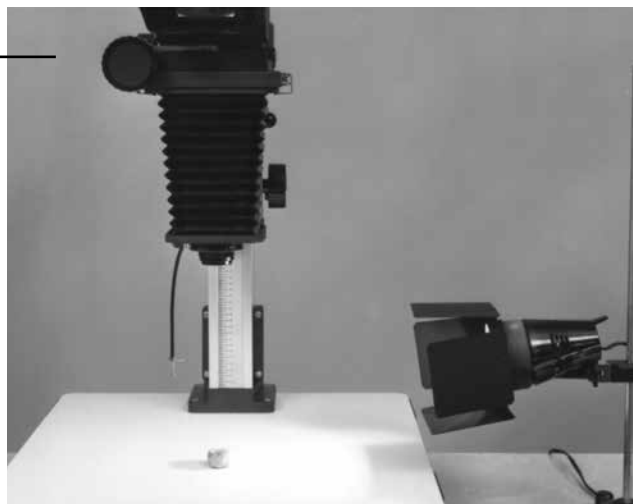
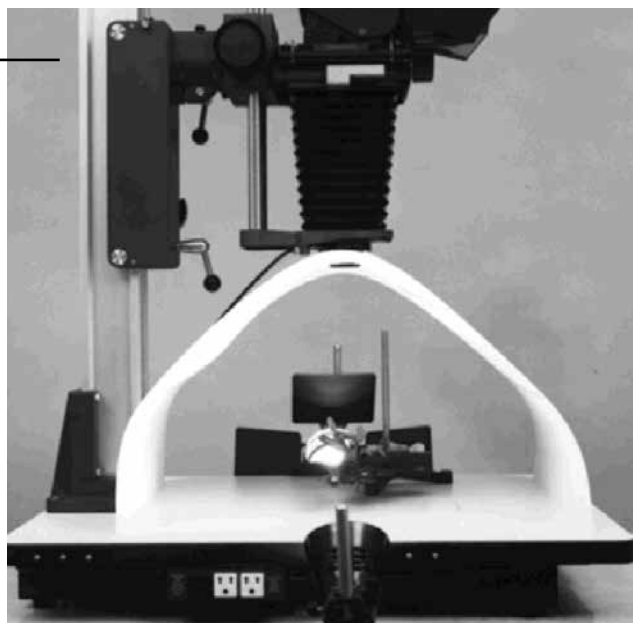
**FIGURA 8-10***Iluminación de reflexión directa.***FIGURA 8-11***Iluminación transmitida.*

Iluminación transmitida. La iluminación transmitida también se refiere a la iluminación como de vuelta. Cuando se emplea esta técnica, el iluminador se coloca detrás del objeto que está siendo fotografiado, con la luz de la iluminación dirigido a través de la evidencia hacia la cámara (Figura 8-11). La iluminación de transmisión se utiliza cuando se fotografía un objeto que es transparente o translúcido. Otra clara ventaja para la iluminación de transmisión es el registro de marcas de agua en el papel.

Iluminación oblicua. La iluminación oblicua también se llama iluminación lateral o iluminación cruzada. La iluminación oblicua utiliza iluminación de bajo ángulo para mostrar el detalle, creando sombras. Para este tipo de iluminación,

una sola fuente de luz debe colocarse en un ángulo bajo sobre la superficie, destacando las partes elevadas (Figura 8-12). Si las sombras se convierten en un problema, se requiere una segunda luz. Cuando se utilizan dos luces, se colocan uno frente al otro para iluminar ambos lados de la zona impresa. El ángulo adecuado para la fuente de luz puede encontrarse viendo el elemento a través del visor y el ajuste de la altura de la fuente de luz.

Iluminación rebotada. La luz rebotada es luz que no viaja directamente de la fuente de iluminación hacia el objeto que está siendo fotografiada, pero se refleja en otra superficie (Figura 8-13). La iluminación rebotada, ilumina el objeto con una luz más suave y sombras reducidas. La

FIGURA 8-12*Iluminación oblicua.***FIGURA 8-13***Iluminación rebotada.*

iluminación rebotada es ideal para fotografiar objetos que son cóncavos o convexos.

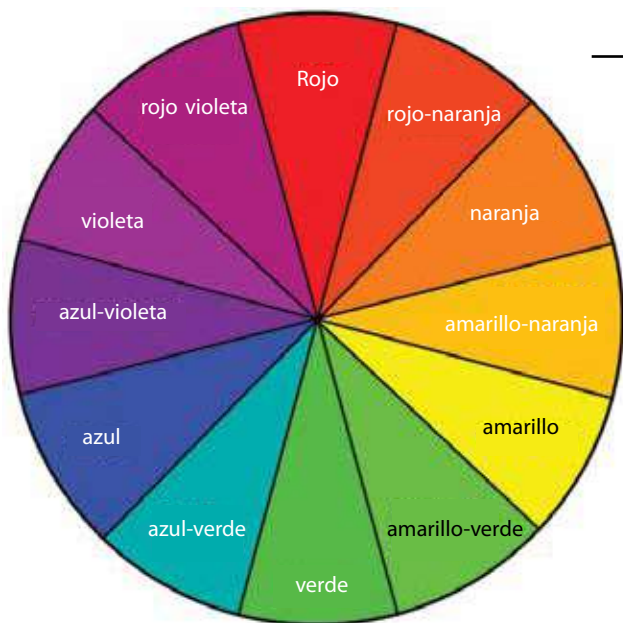
8.5.7 Procesamiento y Fotografía Dependiente de Evidencia

La clave para la impresión de fotografía latente es el uso adecuado del equipo en relación con el tipo de pruebas que se fotografían y el procesamiento que se realizó. Por ejemplo, conocer la mejor técnica de iluminación para un determinado tipo de pruebas puede significar la diferencia entre la evidencia fotográfica excelente y evidencia de que tiene que ser re-fotografiada.

8.5.7.1 Impresiones de ninhidrina. La capacidad para ajustar el color se basa en los componentes del color y cómo

un cambio en un componente del color afecta a otros colores. Una rueda de color ayuda en la determinación del cambio de color (Figura 8-14). Viendo la rueda de color, si un color es para ser oscurecido (más contraste), un aumento en el color opuesto logra este efecto. Si un color ha de ser aclarecido, o disminuido, se añaden los colores adyacentes a ese color.

Las impresiones latentes procesadas con ninhidrina (un reactivo químico) se desarrollan en el rango visible de color rojo. Viendo la rueda de color, el color opuesto rojo es verde. Se han encontrado filtros verdes (# 58) y amarillo-verde (# 11) para mejorar las impresiones latentes reveladas con ninhidrina. Además, las impresiones de ninhidrina deben ser fotografiados con iluminación directa equilibrada.

**FIGURA 8-14***Rueda de color.*

8.5.72 Impresiones levantadas con cianocrilato sobre objetos multicolores. Los objetos lisos multicolores (por ejemplo, revistas, fotografías, y el embalaje del producto) a menudo plantean un problema cuando se trata de fotografiar impresiones latentes que se cruzan sobre el fondo variaciones de color. Una solución a esto es un sistema de imágenes ultravioleta reflejada (RUVIS), lo que elimina el fondo multicolor mediante la absorción de luz UV. Utilizando el residuo RUVIS, la huella dactilar tratada con pegamento instantáneo pueden aparecer claras u oscuras, grabados sebáceos no tratados pueden aparecer como negro e impresiones del sudor no tratados se reflejan blancas (Lin, 2006, pág. 2137-2153).

8.5.73 Fotografía luminiscentes. Al exponer un elemento con impresión latente luminiscente (s) a una fuente de luz forense, la luminiscencia de las impresiones latentes puede disminuir o desaparecer por completo. Este fenómeno se llama foto descomposición o foto degradación y puede ocurrir en cuestión de segundos. Debido a esto, los objetos con impresión latente luminiscente(s) no deben estar expuestos a una fuente de luz forense durante más tiempo de lo necesario (Hardwick, 1990, pág. 38). A veces la(s) impresión(es) latente(s) puede ser reconstruida para hacerlos luminiscentes de nuevo. Esto normalmente no es el caso si la impresión latente es inherentemente luminiscente.

8.5.74 Impresiones sobre las superficies reflectantes. Impresiones latentes en superficies reflectantes (por ejemplo, cromo, plata o níquel) se procesan con el polvo gris o

de color claro debido a la superficie reflectante fotografía negro o gris oscuro con el empleo de la iluminación directa. Fotografía de iluminación directa utilizada con superficies reflectantes produce crestas claras sobre un fondo oscuro y por lo tanto la negativa puede ser de color inverso.

La iluminación rebotada también se puede usar al fotografiar superficies reflectantes planas. Una clara ventaja de utilizar rebote de iluminación sobre la iluminación directa para fotografiar superficies reflectantes es que el rebote de iluminación produce normalmente crestas oscuras sobre un fondo claro. Esto se debe a que la iluminación rebotada destaca el objeto y no las crestas.

8.5.75 Impresiones indentadas. La iluminación oblicua es principalmente usada para fotografiar impresiones “plásticas” (por ejemplo, las de la masilla, materiales de moldeado, cera, grasa, manteca, polvo, sangre o cualquier superficie flexible). El uso de esta técnica permite que las sombras que se proyectan en las áreas indentadas por las crestas. Se debe tener cuidado al fotografiar este tipo de pruebas para evitar que el calor generado por las luces de la degradación de las impresiones.

8.5.76 Impresiones sobre superficies irregulares. Las huellas latentes en superficies cóncavas o convexas suelen plantear un problema para el fotógrafo. Debido a la curvatura de la superficie, la iluminación total de las huellas latentes y la profundidad adecuada de campo son difícil de lograr. La iluminación equilibrada de la huella latente con iluminación rebotada puede superar este problema. Una clara ventaja de

esto es que las crestas de fricción se representarán negro o gris oscuro y los surcos y el fondo será blanco o gris claro.

Cuando utilice el rebotado de iluminación para iluminar huellas latentes para la fotografía, la lente de la cámara debe ser extendida a través del centro de la superficie mate de material blanco flexible. Un anillo adaptador de filtro puede ser utilizado para mantener el mate en su lugar. Una vez que el material mate rodea la lente de la cámara, el material se posiciona como un reflector cóncavo que rodea parcialmente el objeto que está siendo fotografiado. Con la cámara y el material mate reflectante en su lugar, la luz fotográfica se coloca a continuación para iluminar el material mate cóncavo. La luz se refleja en el material mate y de vuelta sobre la superficie del objeto que está siendo fotografiado.

8.5.77 Recolección transparente de huella latente.

La cinta transparente se puede utilizar para levantar impresiones latentes reveladas con cualquier color de polvo de huellas dactilares. La cinta transparente que se monta en una tarjeta de respaldo de blanco o negro y es fotografiada usando iluminación directa o puede ser grabada digitalmente utilizando un escáner. La cinta transparente que se monta en plástico transparente puede ser fotografiada con iluminación directa si el levantamiento se coloca en el material de contraste antes de ser fotografiado.

Otra opción para fotografiar levantamientos transparentes es utilizando iluminación transmitida. El uso de la iluminación transmitida tiene dos ventajas: un mejor contraste se logra y los efectos de polvo excesivo que estropean en los levantamientos se reduce. Cuando los artículos se procesan con polvo, hay una posibilidad de que el exceso de polvo se adherirá al fondo y será levantado junto con las impresiones latentes. Mediante el uso de la iluminación transmitida, la luz se transmite a través de la capa más delgada de polvo, pero no se transmite a través del polvo grueso que se adhiere a la impresión latente. Levantadores transparentes también se pueden utilizar como un negativo fotográfico para registrar a través del contacto directo con la película virgen o papel fotográfico en una ampliadora de cuarto oscuro o configuración similar.

8.6 Otros Métodos de Preservación de las Crestas de Fricción

Como se mencionó anteriormente, la preservación de impresión latente se consigue también mediante el uso de

levantadores de impresión latente y material de moldeado. Normalmente, se utilizan estos tipos de métodos de conservación en la escena del crimen. A menudo, la evidencia de que necesita ser procesada para impresiones latentes es demasiado grande para ser removido o es inamovible y se debe procesar en el campo. Otro factor que dicta el uso de levantadores de huellas latentes y material de moldeado es que la fotografía no puede grabar adecuadamente la impresión latente (s). Cuando esto ocurre, la impresión debe ser captada en la medida de lo posible antes de levantar o procedimientos de moldeado se utilizan, para recuperar el detalle de impresión latente. En este punto, el levantador o el yeso se pueden volver a captar en imágenes de nuevo para su conservación.

8.6.1 Levantadores de Huellas Dactilares

Los levantadores de huellas dactilares se utilizan después de la aplicación de polvos de huellas dactilares. El polvo se adhiere a los depósitos de impresión latente o contaminante que ya están en una sustancia. Un levantamiento se hace generalmente con cinta adhesiva o un material de levantamiento similar que tiene la cantidad correcta de adhesivo para eliminar suficiente del polvo de huellas dactilares sin destruir el elemento original. Los levantadores de huellas dactilares vienen en una variedad de tipos que varían en color, el tamaño, la flexibilidad, y la pegajosidad (adherencia).

En general, existen cuatro tipos de levantadores de huellas producidos comercialmente: (1) los levantadores de cinta transparente (Figuras 8-15 y 8-16), (2) levantadores de bisagra, (3) levantadores de goma de gel, y (4) hojas de levantamiento.

La cinta puede ser transparente o escarchado y se dispensa desde un rollo. La cinta debe ser desenrollada en un movimiento continuo a la longitud deseada. Si la cinta se tira por etapas, la cinta contendrá marcas de vacilación, donde se detuvo cada tirón. Estas marcas pueden oscurecer impresiones levantadas.

El color del polvo que se utiliza determina el color del soporte al que se adhiere la cinta. El soporte elegido debe contrastar adecuadamente con el color del polvo que se utilizó. Cuando se utiliza un soporte transparente, es decisión del fotógrafo el utilizar un fondo apropiadamente contrastante. Una ventaja de utilizar levantadores de cinta transparente es el hecho de que las impresiones latentes en el levantador estarán en la posición correcta para visualización.

**FIGURA 8–15***Cinta transparente.***FIGURA 8–16***Cinta adherida a tarjeta de respaldo.*

Algunas cintas de polietileno estirable están formuladas para levantar huellas latentes en superficies texturizadas. Estas cintas son más gruesas y más flexibles y son capaces de levantar polvo a partir de los contornos de la superficie con textura, mientras que la cinta de levantamiento tradicional sólo levanta polvo desde la parte superior de la superficie texturizada.

8.6.1.2 Los levantadores de bisagra. Como el nombre implica, el levantador de la bisagra se compone de cinta de elevación y una tarjeta de respaldo articuladas entre sí en un lado. El lado adhesivo del elevador de bisagra está protegido por una cubierta de plástico. Cuando se prepara para levantar una impresión latente, se retira y se desecha el divisor. El adhesivo expuesto se coloca entonces sobre la impresión latente, despegando de la superficie, y luego pliega hacia atrás sobre el respaldo abatible (Figuras 8-17 y 8-18). Los levantadores de bisagra se fabrican en varios tamaños y contienen marcas que indican el lado correcto

para la visión cuando se usa como se diseñó. Los levantadores de bisagra están disponibles con soportes blancos, negros o transparentes.

8.6.1.3 Los levantadores de goma de gel. De los diferentes tipos de levantadores, los levantadores de goma de gel tienden a ser los menos pegajosos y más flexibles. Este tipo de levantador se elige comúnmente cuando una impresión latente está en una superficie que se considera ya sea frágil (pintura descascarada de una pared) o de forma irregular (por ejemplo, perilla de la puerta). Los levantadores de goma de gel incluyen una lámina de cubierta, una capa de gel de baja adherencia, y una lámina elástica de alta calidad de goma (Lightning Powder Co., Inc., 2000). Estos tipos de levantadores están disponibles en varios tamaños, en hojas negras, blancas, o transparentes.

La lámina de goma contiene material adhesivo y se aplica a la impresión latente en polvo. Una vez que se retira de la

FIGURA 8-17*Levantador de bisagra.***FIGURA 8-18***Levantador de bisagra.*

superficie, la cubierta de plástico claro y limpio se vuelve a aplicar (Figuras 8-19 y 8-20). Debido a que la impresión latente se adhiere a la goma y se ve a través de la cubierta, la impresión estará en posición invertida.

8.6.1.4 Hojas de elevación. Las hojas de elevación se hacen específicamente para la grabación de las impresiones forenses y se usan comúnmente en el tratamiento de los restos humanos. Las láminas son flexibles y tienen un recubrimiento adhesivo liso. Las hojas vienen en varios tamaños y se pueden cortar según las necesidades.

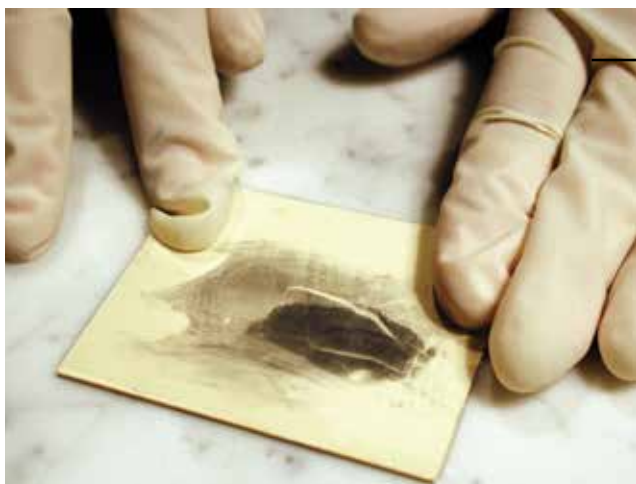
Para el procesamiento de los restos humanos, las hojas se cortan un poco más grande que el tamaño del bloque de dedo en una tarjeta de huellas digitales estándar. Debido a la ligera elasticidad del material, es fácil envolver el material alrededor de un dedo que ha sido ligeramente revestido de polvo de huellas dactilares. Una vez que se obtiene una impresión, el levantador es cortado a tamaño del bloque de dedo y se coloca en la ubicación correcta en la parte

posterior de una transparencia que ha tenido una tarjeta de huellas dactilares estándar impreso en ella. Cuando la transparencia se ve desde la parte delantera, las crestas de fricción son impresas en la posición correcta, con el color correcto, en el bloque de dedo apropiado.

8.6.2 Material de Moldeado

El material de moldeado es una ventaja cuando se trata de impresiones patentes, impresiones latentes en polvo en superficies texturizadas, o en el tratamiento de las crestas de fricción de personas fallecidas. Los materiales de moldeado están disponibles en varios colores y se han fabricado para secarse con rapidez y soltarse fácilmente.

Además de utilizarse en el registro fotográfico, el material de moldeado puede ser en polvo o entintado y luego levantado o impresionado en hojas de elevación. La imagen resultante será una imagen en posición invertida de las crestas de fricción.

**FIGURA 8–19***Levantador de goma de gel.***FIGURA 8–20***Levantador de goma de gel.*

8.7 Conclusión

El registro de los detalles de las crestas de fricción se remonta a principios de 1900. Desde el principio, se dieron cuenta del valor de la preservación precisa y la mejora de los métodos de conservación, como las nuevas tecnologías y técnicas se introdujeron a la comunidad forense. La comunidad de la ciencia forense ha sido testigo del descubrimiento de innovadoras técnicas de detección de huellas dactilares y de conservación, que van desde lo simple a lo complejo. En todo momento, la innovación ha sido la norma en los laboratorios de criminalística.

8.8 Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo fueron Herman Bergman, Jeri Eaton, Robert J. Garrett, Alice Maceo, Kenneth O. Smith, Jr., Kasey Wertheim y Juliet H. Wood.

8.9 Referencias

- Bellis, M. George Eastman—History of Kodak and Rolled Photographic Film. http://www.inventors.about.com/od/estartinventors/ss/George_Eastman.htm, accessed July 17, 2006.
- Bidner, J. *Digital Photography: A Basic Guide to New Technology. The Kodak Workshop Series*; Silver Pixel Press: New York, 2000.
- Boyle, W. S.; Smith, G. E. Charge-Coupled Semiconductor Devices. *Bell Systems Technical Journal* 1970, 49, 587.
- Buckland, G.; Evans, H. *Shots in the Dark: True Crime Pictures*; Bulfinch Press: New York, 2001.
- Davenport, A. *The History of Photography*; University of New Mexico Press: Albuquerque, NM, 1999, pág. 4.

Eastman Kodak Company. *Handbook of Kodak Photographic Filters (Publication B-3)*; Eastman Kodak Company: Rochester, NY, 1990.

Eastman Kodak Company. *Photography with Large Format Cameras*; Eastman Kodak Company: Rochester, NY, 1988.

Federal Bureau of Investigation. *Latent Print Operations Manual, Standard Operation Procedures for Digital Images*; Federal Bureau of Investigation, U.S. Department of Justice: Washington, DC, 2004.

Hardwick, S. A.; Kent, T.; Sears, V. *Fingerprint Detection by Fluorescence Examination: A Guide to Operational Implementation*; White Crescent Press, Ltd.: Luton, 1990.

Harrison, W. J. *A History of Photography Written as a Practical Guide and an Introduction to its Latest Developments*. The County Press: London, 1888.

Ippolito, J. A. *Understanding Digital Photography*; Thomson/Delmar Learning: New York, 2003, pág. 36.

Langford, M. J. *Basic Photography*, 3rd ed.; The Focal Press: Woburn, 1973.

Leggat, R. *A History of Photography from Its Beginnings Till the 1920's*. <http://www.rleggat.com/photohistory> (accessed July 2, 2006).

Lightning Powder Co., Inc. Fingerprint Camera. *Minutiae*, 2003, 74, 5.

Lightning Powder Company, Inc. Rubber-Gelatin Lifters: Technical Note 1-2072; Lightning Powder Company, Inc.: Jacksonville, FL, 2000.

Lin, S. S.; Yemelyanov, K. M.; Pugh, Jr. E. N.; Engheta, N. Polarization-Based and Specular-Reflection-Based Non-contact Latent Fingerprint Imaging and Lifting. *J. Opt. Soc. Am.* 2006, 23 (9), 2137-2153.

London, B.; Upton, J.; Stone, J.; Kobre, K.; Brill, B. *Photography*; Prentice Hall: Upper Saddle River, 2005.

Menzel, E. R. *Fingerprint Detection with Lasers*, 1st ed.; Marcel Dekker, Inc: New York, 1980.

Miller, L. S. *Police Photography*, 4th ed.; Anderson Publishing Company: Cincinnati, 1998.

Moenssens, A. A. The Origin of Legal Photography. <http://www.forensic-evidence.com/site/EVID/LegalPhotog.html> (accessed September 10, 2010).

Olsen Sr., R. D. Scott's *Fingerprint Mechanics*; Charles C. Thomas: Springfield, 1978.

Phillips, S. S.; Haworth-Booth, M.; Squires, C. Police Pictures: *The Photograph as Evidence*; San Francisco Museum of Modern Art and Chronicle Books: San Francisco, 1997.

Redsicker, D. R. Principles in Photography. In *The Practical Methodology of Forensic Photography*; Redsicker, D. R., Ed.; CRC Press: Boca Raton, Fla., 1994.

Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). Standard for Friction Ridge Digital Imaging (Latent/Tenprint). 2009. Available online at http://www.swgfast.org/documents/imaging/090914_Standard_Imaging_1.1.pdf

Scientific Working Group on Imaging Technology (SWGIT). General Guidelines for Capturing Latent Impressions Using a Digital Camera, Version 1.2, December 6, 2001. *Forensic Sci. Communications* 2002, 4 (2) (online journal).

SWGIT. Overview of SWGIT and the Use of Imaging Technology in the Criminal Justice System, Version 3., 2006, pág. 1-8. Available online at <http://www.theiai.org>.

CAPÍTULO

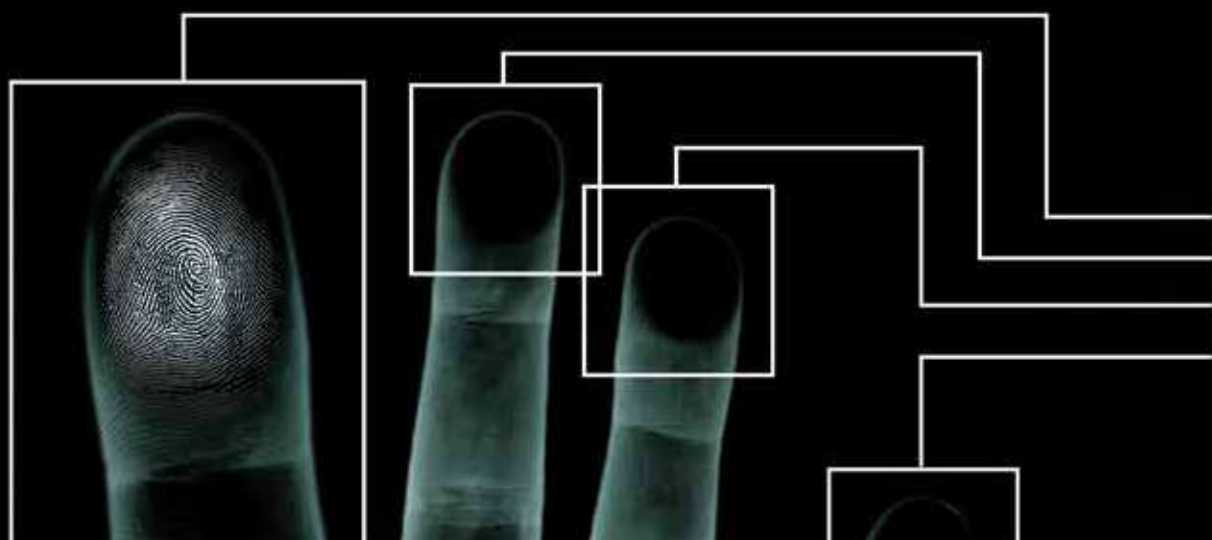


PROCESO DE EXAMINACIÓN

JOHN R. VANDERKOLK

CONTENIDOS

3	9.1 Introducción	21	9.6 Las Huellas Dactilares Simultáneas, Adyacentes o Agregadas
7	9.2 Fundamentales de la Comparación	21	9.7 Resumen
13	9.3 Método de Examinación ACE-V	22	9.8 Revisores
18	9.4 Umbrales de Decisión	22	9.9 Referencias
20	9.5 El Examen	23	9.10 Información Adicional





CAPÍTULO 9

PROCESO DE EXAMINACIÓN

JOHN R. VANDERKOLK

9.1 Introducción

El propósito de una examinación es determinar o descartar la *fuerza de una impresión*.* En este capítulo se discutirá un método utilizado por los examinadores para determinar la fuerza de una impresión al mirar y comparar el flujo de crestas general de dos huellas dactilares, las secuencias y configuraciones de rutas de crestas, y si es necesario, las secuencias y configuraciones de detalles morfológicos de una cresta en particular y cordilleras cercanas. Este capítulo también se ocupa de las filosofías de la percepción y la toma de decisiones que todos los examinadores de huellas dactilares deben entender antes de dedicarse a la mecánica de una comparación.

Muchos autores (Seymour, 1913; Bridges, 1942; Osterburg, 1977; Stoney, 1985; Stoney y Thornton, 1986; y Hare, 2003) han tratado de describir un método de examen o umbrales de suficiencia para la determinación de la fuerza [Olsen, 1983, pág. 4-15; Stoney, 1985; 1986, pág. 1187-1216; Hare, 2003, 700-706]. Estas explicaciones por lo general implican ayudas visuales o herramientas físicas que demuestran una secuencia o configuración de un número de puntos (por ejemplo, los detalles de terminaciones de crestas, bifurcaciones, y puntos). Algunas de ellas implican el uso de las redes transparentes, trazados, impresiones superpuestas, puntos de aguja a través de ampliaciones fotográficas de los puntos específicos en los estampados, o un gráfico ampliado documentando los puntos correspondientes. Estos esfuerzos intentan (y en algunos casos lo hacen) ayudar a ilustrar las partes del proceso de examen.

El método de examen de análisis, comparación, evaluación, seguido de verificación (ACE-V) es el método establecido para percibir detalle en dos impresiones y tomar decisiones. Una comprensión profunda del umbral de suficiencia dentro del método es esencial. El mero hecho de llegar a

* Para los propósitos de este capítulo, el término *impresión* se refiere a cualquier grabación de las características de la piel de fricción (es decir, grabaciones no intencionales como impresiones de pruebas e impresiones grabadas intencionalmente de cualquier superficie palmar y plantar). A menos que se indique lo contrario, la fuerza en este capítulo se referirá a un área específica de la piel de fricción. La fuerza puede ser las palmas o las plantas de los pies, los dedos de las manos o de los pies, áreas específicas de las crestas, o un área específica de una cresta.

una predeterminada cantidad matemática fija, de algunos detalles de una impresión crestas de fricción (es decir, recuento de puntos) es una explicación simplista y limitada por qué dos impresiones se originaron de la misma fuente única y persistente o se originaron de diferentes fuentes únicas y persistentes.

Hay mucho más de las impresiones que la disposición de los puntos de Galton. El examinador debe usar el conocimiento y la comprensión obtenida de la formación y la experiencia para hacer juicios sobre las características de las fuentes y los detalles en las impresiones para llegar a una conclusión sobre el origen de la impresión de que se trate.

La ciencia cognitiva explica los procesos de percepción, la toma de decisiones, y el desarrollo de la experiencia. La investigación en ciencia cognitiva ayuda a explicar cómo los examinadores experimentados difieren de los principiantes [Palmer, 1999; Busey y Vanderkolk, 2005]. Una filosofía de cómo los examinadores pueden determinar o excluir una fuente de una impresión debe ser establecida para que un método de examen sea eficaz. Examinadores deben sacar de muchas filosofías para desarrollar un método de examen particular.

9.1.1 Filosofía de la Singularidad

En la naturaleza las formaciones de patrón no se repitan en sus estructuras morfológicas (o, como dice el refrán: "la naturaleza nunca se repite") [Kirk, 1963; McRoberts, 1996]. Esta afirmación se apoya y se explica en parte por la biología, la química y la física, y por medio de la práctica y la experiencia de observar los patrones naturales [Bola, 1999]. La morfogénesis de la piel de fricción y de los muchos factores de desarrollo que influyen en la disposición única de crestas de fricción antes del nacimiento proporciona la explicación fundamental de por qué la piel palmar es único.

Minucias básicas de impresión se definen y se utilizan en fórmulas matemáticas para la clasificación tradicional, los modelos estadísticos y los sistemas automáticos de identificación dactilar (AFIS). Estas fórmulas consideran algunas de las variaciones en los arreglos de la piel de crestas de fricción, pero no todo el detalle que está presente. A pesar de estas limitaciones, ningún modelo y aplicación han proporcionado pruebas de que las impresiones no son únicos. En su lugar, el estudio de la formación de patrones en la naturaleza, y las formaciones de patrón en la cresta de fricción de la piel, en particular, han determinado las formaciones en la cresta de fricción de la piel para ser único. Las características de la piel

con crestas de fricción en pliegues, surcos, cicatrices, cortes e imperfecciones naturales también son únicos.

9.1.2 Filosofía de Persistencia

La estructura de la superficie morfológica de la piel con crestas de fricción es persistente. A menudo, la disposición de las crestas de fricción (flujo de crestas y minucias) ha sido descrita como permanente. Sin embargo, la superficie celular de la piel de las crestas de fricción no es permanente. Células superficiales se sustituyen en una base regular. La competencia entre las fuerzas de regeneración de células de la piel y el esfuerzo de mantener la forma y función de un órgano de piel produce una superficie persistente, no permanente, modelada naturalmente con la totalidad de sus minutas y características microscópicas. En otras palabras, el proceso se esfuerza por reproducir, pero no se pueden reproducir perfectamente los patrones de las células anteriores, de modo que la disposición de células de reemplazo puede seguir la forma y función de las células sustituidas. Se producen variaciones microscópicas. El envejecimiento de la piel es un ejemplo de persistencia; aunque los patrones de la piel con crestas de fricción no son perfectamente permanentes, son muy persistentes en el tiempo.

Para que la piel con crestas de fricción sea valiosa para el examen de las dos impresiones, las características únicas de cordilleras, pliegues, cicatrices e imperfecciones en la piel que se había registrado como detalles en dos impresiones deben ser persistente entre los dos sucesos cuando se haga cada impresión. Persistencia es todo lo que se necesita, no permanencia.

9.1.3 Filosofía de Lógica de Examen

Deducción, inducción y la abducción son tres tipos de lógica [Burch, 2001; McKasson y Richards, 1998, pág. 73-110] que un examinador puede utilizar para determinar las respuestas a las preguntas de los exámenes de crestas de fricción. Una simple explicación de la lógica y la inferencia se podía encontrar en las declaraciones:

Si A y B, por lo tanto C

Si B y C, por lo tanto, A

o

Si A y C, por lo tanto B

Sustitución de "A" con la "caja", "B" por "regla" y "C" con "resultado", el examinador puede explicar que la lógica se utiliza.



9.1.3.1 Lógica deductiva. “Caso y Regla por lo tanto Resultado” se convierte en “las dos huellas proceden de la misma fuente y la individualización es posible debido a las características de la piel de las crestas de fricción que es única y persistente, por lo tanto, los detalles en las dos impresiones suficientemente similares”. La lógica deductiva comienza con lo general, y termina con lo particular. La lógica deductiva infiere que si el particular de los detalles entre dos huellas concuerda, el examinador sabe que las dos impresiones suficientes vinieron de la misma fuente, o un área específica de la piel, y que la piel con crestas de fricción es única y persistente. La lógica deductiva se utiliza en los examinadores en formación. El entrenador y los alumnos saben que las dos huellas proceden de la misma fuente, el instructor y los alumnos conocen la regla de la singularidad y la persistencia de las crestas de fricción de la piel, por lo que el entrenador y los alumnos conocen los detalles de estas dos huellas y concuerdan. La lógica deductiva ayuda al examinador a comprender la tolerancia a las variaciones en la apariencia o la distorsión de dos copias de la misma fuente. Con variaciones en la apariencia o la distorsión de las dos copias, la lógica deductiva se utiliza durante ejercicios de entrenamiento para aprender la concordancia de los detalles en las secuencias y configuraciones de la misma fuente y aprender a desacordar de datos de diferentes fuentes.

9.1.3.2 Lógica inductiva. “Caso y Resultado por lo tanto, la Regla” se convierte en “Las dos huellas proceden de la misma fuente y de acuerdo a los detalles en las dos impresiones son suficientes, por lo tanto, la individualización es posible debido a las características de la piel de crestas de fricción son únicos y persistente”. El ir de lo particular a lo general, o de los resultados y la determinación caso hacia la regla, es un ejemplo de la lógica inductiva. Determinando que los detalles en dos impresiones concuerdan lo suficiente y concluyendo que se originaron a partir de la misma fuente apoya la regla de que la piel de cresta de fricción es única y persistente. La determinación de que los detalles en dos impresiones suficientes no concuerdan y que se originaron a partir de diferentes fuentes también es compatible con la regla de que la piel con cresta de fricción es única y persistente. El estudio de todas las fuentes conocidas es imposible. Los examinadores, por lo tanto, nunca pueden probar la unicidad de la fuente a través de la lógica inductiva; sólo se puede inferir.

9.1.3.3 Lógica abductiva. “Regla y resultados por lo tanto, el Caso” se convierte en “La individualización es posible debido a las características de la piel con crestas de fricción que

son únicas y persistente y los detalles en las dos impresiones suficientes, por lo tanto, las dos huellas proceden de la misma fuente”. En trabajo de casos reales, los examinadores se inician con los principios fundamentales de que la piel con crestas de fricción es única y persistente, llevar a cabo un examen para determinar la concordancia o desacuerdo de los detalles en dos impresiones suficientes, y determinará si las impresiones proceden de la misma fuente. A partir de una regla, la determinación de un resultado de la comparación, y llegar a una conclusión en un caso particular es la lógica abductiva. Como un autor explica:

Observe que tanto la deducción y la inducción están involucradas en la abducción: la inducción ayuda a generar la formulación de lo dado y la deducción ayuda a mostrar una relación lógica de las premisas de lo dado. Además, cuando la lógica abductiva genera un caso, la lógica deductiva explica la relación lógica de la regla y de resultados, y la lógica inductiva proporciona una relación del caso a la regla. Si, por el desempeño de esta lógica, el científico puede mostrar la verdad universal, el científico afirma una lógica abductiva. El razonamiento abductivo trata a lo particular; el abductor trata a lo universal.

Recordemos que “universal” no quiere decir absoluto. Universal se refiere a la amplitud de la verdad de la regla, su resultado y su caso, según lo determinado por la comunidad científica revisándolo: todos los que deberían saber, que están de acuerdo. (“absoluta”, por otro lado, se refiere a la calidad de la verdad de la regla y exige que la norma sea incondicional, o “muy cierto”) Universal es un término que implica a “todo el mundo”, cuando lo que queremos decir es “todo el que lleva el mismo dado”, o para “el mundo”, cuando lo que queremos decir es “el mundo real en el que mis colegas y yo operamos”. La universalidad implica un consenso subjetivo: es lo que “todo el mundo sabe”, y acepta y es la base de tales hipótesis como “existe identidad”, ya que es nuestro “dado” por el cual se procede a investigar las observaciones que estamos haciendo. [McKasson y Richards, 1998, pág. 80].

Si el estado de todas las formaciones de patrones en la naturaleza es única y ésta pudiese ser demostrada como falsa o falsificada, la norma tendría que ser alterada. Esta falsificación nunca ha ocurrido. Con base en la observación,

la experimentación y conocimiento de la formación de patrones en la naturaleza (la piel palmar, otras formaciones de patrones naturales y sus impresiones), la regla en las ciencias forenses comparativas es: la formación de patrones en la piel de las crestas de fricción no se puede replicar, y sus impresiones pueden ser individualizadas.

9.1.4 Filosofía de la Creencia

El contexto general de la creencia es la colaboración de la humanidad en el avance y la difusión del conocimiento. Porque si hay una colaboración tal, entonces no sólo los hombres contribuyen a un fondo común de conocimientos, sino también reciben de ella. Pero mientras ellos contribuyen en virtud de su propia experiencia, la comprensión y el juicio, ellos no reciben una inmanente generada sino un conocimiento comunicado fiable. La recepción es la creencia, y nuestra preocupación inmediata es su contexto general. [Loneragan, 1992, pág. 725].

Debido a que la colaboración es un hecho, porque es inevitable, ya que se propaga en una red altamente diferenciada de especialidades interdependientes, la mentalidad de cualquier individuo se convierte en un producto compuesto en el que es imposible separar el conocimiento y la creencia inmanente generada. [Loneragan, 1992, pág. 727].

Un experto no puede generar todo el conocimiento acerca de todo lo que se utiliza en los exámenes de las impresiones. El experto deberá basarse en la colaboración y creencias válidas.

Con el fin de conocer y tener confianza en una conclusión, el examinador debe ser tolerante a las variaciones en la apariencia de las dos impresiones, ya que cada deposición independiente de una impresión no produce una réplica perfecta de una impresión previamente depositado. Con cada tocar independiente de un sustrato (la superficie habiendo sido tocada), siempre hay variaciones en la apariencia o la distorsión de la piel con crestas de fricción fuente. Entre menos clara la impresión, mayor debe de ser la tolerancia del examinador a las variaciones. Entre más clara la impresión, el examinador debe de ejercer menor tolerancia. El examinador no debe estirar la tolerancia demasiado. La tolerancia para las variaciones en la apariencia, o distorsiones, debe estar dentro de los límites del sustrato, la flexibilidad de la piel, los efectos de la fricción y el movimiento de tocar la piel de las crestas de fricción al sustrato. El examinador debe estudiar

piel crestas de fricción distorsionada y sus impresiones de entender tolerancias para las variaciones en la apariencia de las impresiones.

La duda se debe superar a la hora de determinar una concordancia real o desacuerdo entre los detalles de las dos impresiones. El examinador comienza con ningún conocimiento de si existe o no concordancia, comienza a dudar si el parecido o la diferencia son suficientes, continúa el examen y trabaja a través de la duda, y luego hace una determinación sobre si los detalles en las dos impresiones en realidad concuerdan o no. A medida que el examinador trabaja a través de la duda, preguntando y respondiendo a todas las preguntas pertinentes y adecuadas [Loneragan, 1992, pág. 296-300], las predicciones comienzan a tener lugar. El examinador predice llegar a un acuerdo o desacuerdo de detalles. Una vez que una predicción fiable [Wertheim, 2000, pág. 7] se lleva a cabo correctamente y luego se determina válidamente los detalles, y todas las preguntas pertinentes se han preguntado y respondido correctamente basada en la capacidad, formación, experiencia, conocimiento, y los juicios, el examinador elimina la irritación de dudar de la concordancia real o diferencia de los detalles y puede hacer una determinación de si las impresiones se originaron de la misma fuente. El examinador debe evitar que la predicción se convierta en una tendencia que influye indebidamente la determinación de acuerdo o en desacuerdo. Todas las preguntas pertinentes se deben haber hecho y respondido correctamente para que la predicción sea totalmente fiable. El examinador transiciona a través del examen mediante el análisis, comparación y evaluación de los detalles de las impresiones a través de mediciones comparativas críticas y objetivas de los detalles del flujo de crestas general, los caminos de cresta específicas y longitudes de camino de la cresta, las secuencias y configuraciones de las trayectorias de la cresta y sus terminaciones, y las secuencias y configuraciones de bordes o texturas y posiciones de los poros a lo largo de las trayectorias de la cresta.

El examinador hace una transición de un conocimiento insuficiente, a través de la duda, del saber y el entender. El examinador basa este saber en la formación previa, la experiencia, la comprensión, los juicios de sí mismo y la creencia en la legitimidad de la formación, experiencia, conocimiento y los juicios de la comunidad colaborado de científicos. El examinador pregunta críticamente todas las preguntas pertinentes y adecuadas sobre el tema (impresiones), responde correctamente a todas las



preguntas pertinentes sobre el tema, conoce la determinación, elimina la irritación de la duda, y se obsesiona con la creencia [Peirce, 1877, 1-15]. Algunas de las preguntas pertinentes y adecuadas implican la singularidad y persistencia de la piel con crestas de fricción, el sustrato, la matriz, la distorsión de la piel con crestas de fricción, presión de deposición, dirección deposición, técnica de desarrollo, claridad de los detalles, la cantidad de detalles, la suficiencia de secuencia de datos, el umbral para determinar la suficiencia, y método de examen. El método científico o examen hace preguntas durante todo el proceso para eliminar la duda de conclusión del examinador. El examinador está buscando la verdad o la realidad de la relación entre las dos impresiones. Al hacer todas las preguntas pertinentes y apropiadas; responder correctamente a todas las preguntas pertinentes sobre la base de anterior formación, experiencia, conocimiento, y los juicios de uno mismo y los demás dentro de la colaboración de científicos forenses; y la eliminación de la irritación de la duda, el examinador sabe lo que se cree como verdad.

La colaboración de los científicos y la difusión del conocimiento son de lo que la ciencia se trata. La colaboración de los científicos y la difusión del conocimiento generan las preguntas relevantes que necesitan ser hechas y determinar la exactitud de las respuestas. Este proceso es paralelo a la descripción del método científico de hacer observaciones, formar hipótesis, hacer preguntas, la recopilación de datos, los datos de exámenes, llegar a una conclusión, compartir la conclusión y ser capaz de replicar la conclusión.

Si dos examinadores llegan a conclusiones opuestas de la individualización y la exclusión sobre la fuente de la misma impresión es desconocida, uno de los examinadores ha fallado en preguntar y responder a las preguntas pertinentes y adecuadas sobre las impresiones correctamente. Uno de los examinadores está en lo incorrecto. Cuando se producen estos raros dilemas, parte de la resolución de conflictos tiene que determinar si se han preguntado todas las preguntas pertinentes y adecuadas sobre las impresiones y correctamente respondido por los examinadores. Los seres humanos pueden cometer y cometen errores. La resolución tiene que enfrentarse a la formación, experiencia, conocimiento, juicios, y el conocimiento y las creencias de los examinadores y sus colaboradores. La ciencia debe aprender de las creencias erróneas a través de la investigación y la colaboración de los científicos. Algo ha llevado al examinador erróneo a su creencia errónea. Si la investigación y la colaboración no pueden determinar la causa de

la creencia errónea, la creencia continuará, porque no hay razón para cambiar. [Lonergan, 1992, pág. 735-736]

9.2 Fundamentos de la Comparación

Es necesaria una comprensión del examinador de la piel con crestas de fricción y las características asociadas de las crestas, surcos, arrugas, cicatrices, cortes, verrugas, arrugas, ampollas, y las imperfecciones antes de que el examen de las impresiones se lleve a cabo. Con el fin de llegar a conclusiones del proceso de examinación, los principios fundamentales de la fuente, o la piel, se deben establecer. La unicidad y persistencia de la piel son los principios fundamentales [SWGFAST, 2002a, pág. 1; SWGFAST, 2004, pág. 1].

Toda ciencia tiene una nomenclatura que se necesita para fines de comunicación. Adecuadamente describir algo que es único es un reto difícil. Después de todo, único implica que nada es igual. Las etiquetas están asociadas a las características de las crestas y los detalles de sus impresiones para fines de comunicación y clasificación de fricción. Verticilo, presilla y arcos, crestas terminales, bifurcaciones, y los puntos son algunas de las etiquetas genéricas utilizadas para describir en general las estructuras morfológicas de las crestas de fricción y los detalles en las impresiones. Los examinadores deben estar atentos a la singularidad real de las características de la cresta y no permitir el uso de etiquetas descriptivas generalizadas para disminuir la comprensión del examinador del valor real de la función. Si un examinador está buscando sólo finales de crestas o bifurcaciones, el examinador sólo puede ver una cresta que termina o se bifurca. Por el contrario, si un examinador busca la morfología general inherente de la cresta, las formas y dimensiones de la cresta, donde empieza, el camino que toma, donde termina, las anchuras, los bordes, las posiciones de poro y morfología de las cordilleras vecinas, el examinador se hará más perspicaz de los detalles dentro de las impresiones. Las formaciones de patrón en la naturaleza nunca se pueden describir completamente a través del uso de características únicas comúnmente etiquetadas [Grieve, 1990, pág. 110; Grieve, 1999; Vanderkolk, 1993].

A menudo, las impresiones de la misma fuente se registran en dos momentos significativamente diferentes, antes y después de un trauma a la piel. Como ejemplo, las cicatrices pueden estar presentes en una impresión más reciente y no en una impresión anterior de la misma fuente. Al tener un conocimiento básico de la biología, la curación y la regeneración de la piel, el examinador

entenderá las cuestiones relacionadas con la persistencia de la fuente que hizo las dos impresiones. Mientras no haya suficiente persistencia de cualquier característica única natural, traumática, o al azar de la piel entre los tiempos de deposición de las dos impresiones, los detalles de las características únicas y persistentes de la piel pueden utilizarse en conjunción con los detalles de otras características únicas y persistentes. No hay ninguna razón para ignorar cualquiera de los detalles de cualquiera de las características únicas y persistentes en la fuente.

9.2.1 Variaciones en Apariencias

Es necesaria una comprensión del examinador de las variaciones en la apariencia entre las impresiones, antes de que el examen de una impresión se lleve a cabo. Cada impresión independiente de la fuente puede variar en apariencia de todos los demás impresos independientes de la misma fuente. Hay muchos factores que influyen en las variaciones en las apariencias de las impresiones.

Las áreas superficiales de la piel con crestas de fricción que tocan sustratos influyen en las variaciones de las apariencias. El área de superficie exacta de la piel tocando el primer sustrato no será el área de superficie exacta de la piel que toca el segundo sustrato. Cada vez que la piel toca un sustrato, el área de superficie puede variar.

La manera en que la piel de crestas de fricción toca un sustrato influye en las variaciones en la apariencia. Cada toque independiente tiene diferentes influencias que provocan variaciones en la apariencia de las impresiones. Toque plano, laminados, deslizamiento o torsión influirán en la flexibilidad de la piel, causando distorsiones. El estudio de las maneras de tocar y distorsión ayudará al examinador en el examen de las impresiones.

Los sustratos o superficies que se tocan la influencia de las variaciones en la apariencia. Cada tocar independiente de sustratos diferentes tiene diferentes influencias que causan variaciones. La limpieza, la textura, contorno o la naturaleza porosa del sustrato influirán en las impresiones.

Las matrices, o residuos, en la piel de crestas de fricción cuando la piel toca un sustrato tienen influencia en las variaciones de la apariencia. La transpiración, aceite y sangre son matrices comunes que causan variaciones. Las matrices en el sustrato que es tocado por la piel con crestas de fricción también influyen en las variaciones. Aceites, polvo, sangre u otros residuos son matrices comunes

sobre sustratos. Los tipos y cantidades de matrices y sus interacciones influyen en las variaciones con cada toque del sustrato. Las transferencias reales de matrices entre la piel y el sustrato pueden variar, ya que cada toque independiente tiene diferentes influencias que causan variaciones.

Las variaciones en la temperatura, humedad, o clima antes, durante y después de tocar independientemente los sustratos influyen en las matrices sobre un sustrato dado. Estas variaciones también influyen en las transferencias de matrices entre la piel y el sustrato.

Conforme la piel es traumatizada con imperfecciones y se regenera, se pueden producir variaciones en la morfología de la piel. El proceso de curación se produce con el tiempo. El darse cuenta de los problemas de persistencia de la curación y el envejecimiento de varias características es por tanto necesaria para entender las variaciones.

Las variaciones en las diferentes técnicas de procesamiento de impresión o de revelado latentes, y las variaciones en la aplicación de estas técnicas, influirán en las variaciones de las apariencias de una impresión desconocida o latente. Pulverización ligera o pesada, vapores de cianocrilato, procesos químicos o la transformación fluorescente causarán variaciones en la apariencia.

Lo mismo es cierto para las variaciones en diferentes técnicas de captura de impresión estándar, como variaciones en la aplicación de estas técnicas. Los componentes y cantidades de tintas, productos químicos, polvos, sustratos o productos electrónicos usados para capturar, grabar, o de impresión conocida o impresiones estándar influyen en las variaciones de la apariencia.

La manipulación, envasado o almacenamiento de una impresión sin revelar, o no fijas, pueden influir aún más en su apariencia. La matriz podría evaporarse, frotarse, rayarse, transferirse al paquete, o mezclarse con el sustrato. La superficie de contacto, el medio ambiente, la temperatura, la humedad y la luz, todos pueden influir en el aspecto de una impresión capturada, al igual que pueden con una huella latente.

Además, las técnicas que se utilizan para ver o ampliar impresiones influirán en las variaciones en apariencia. La magnificación, equipo fotográfico, computadoras, fax o fotocopadoras, y otros medios utilizados para la impresión, o ver, copiar y hacer impresiones de agrandamiento pueden causar variaciones.



La gran cantidad de influencias que se producen durante el toque independiente, procesamiento, almacenamiento, grabación, almacenamiento y visualización de impresiones conocidas como desconocidas hará que cada impresión independiente pueda variar en apariencia de cualquier otro registro. El examinador tiene que darse cuenta de esto cuando examine impresiones. Cada impresión tendrá variada la calidad y cantidad de los detalles de las características registradas. Estas variaciones no excluyen necesariamente la determinación o la exclusión de la fuente de la impresión. Más bien, se espera. Así como la formación de patrones en la naturaleza son únicos, los grabados realizados por cada toque independiente producirán un patrón que no es como cualquier otro, como se muestra en la Figura 9-1. No hay tal cosa como una coincidencia perfecta o exacta entre dos impresiones o grabaciones independientes de la misma fuente. Cada impresión es única; sin embargo, un examinador a menudo puede determinar si impresiones únicas se originaron de la misma fuente única.

9.2.2 Niveles de Detalle en las Impresiones

Una manera de describir las características utilizando tres niveles de detalle en grabados fue presentado por David Ashbaugh [Ashbaugh, 1999, pág. 95-97, 136-144]. McKasson y Richards hablan de niveles como conjuntos, subconjuntos, y sub-subconjuntos [McKasson y Richards, 1998, pág. 94-100]. Los niveles de detalle en las impresiones son simples descripciones de los diferentes tipos de información en toda

la impresión. Dependiendo de la claridad de la impresión, los diferentes niveles pueden ser detectable.

9.2.2.1 Detalle de primer nivel. El detalle de primer nivel de las características de las crestas de fricción es la dirección general de flujo de crestas en la impresión. El primer nivel de detalle no se limita a un patrón de clasificación definida. Cada impresión que se determina es una impresión de crestas de fricción y tiene una dirección general del flujo de crestas, o el primer nivel de detalle. Las impresiones de dedos, falanges, puntas, lados, palmas o plantas de los pies tienen detalle de primer nivel. La dirección general percibida de flujo de crestas no se considera para ser único. La dirección general es compartida por muchas otras fuentes. Figura 9-2 representa tres grabados que muestran la dirección general del flujo de la cresta.

9.2.2.2 Detalle de segundo nivel. El segundo nivel es el camino de una cresta específica. El camino de la cresta real incluye la posición de partida de la cresta, el camino de la cresta toma la longitud de la trayectoria de la cresta y donde el camino cresta se detiene. El segundo nivel es mucho más que la ubicación específica de que una cresta termina en un extremo de una cresta o bifurcación, o sus puntos de Galton. Las secuencias y configuraciones con otros caminos de la cresta son parte del segundo nivel.

El camino de la cresta y su longitud con terminaciones son únicos. Las secuencias y configuraciones de una serie de



FIGURA 9-1

Huella digital derecha con factores demostrados en impresiones entintadas diferentes: (a) una impresión típica, (b) más la presión ejercida, causando un cambio de color y la grabación de un área más grande; (c) una impresión rodada de un lado a otro; (d) una impresión con un poco de presión hacia la parte superior del dedo y rodó hacia adelante para grabar más de la punta; (e) una impresión con una presión excesiva, lo que resulta en una impresión mal grabada.

FIGURA 9-2

Flujo de crestas general es visible.

**FIGURA 9-3**

Primer y segundo nivel de detalle.

**FIGURA 9-4**

Impresiones con primero, segundo y tercer nivel de detalle.

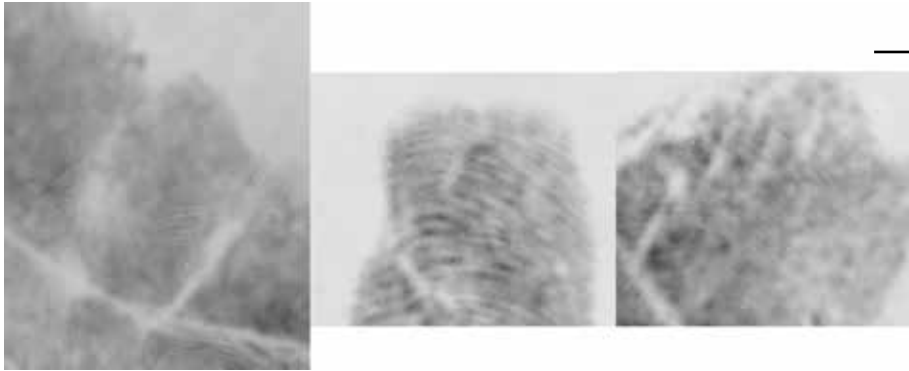


caminos de cresta también son únicos. Los detalles del segundo nivel en una impresión no pueden existir sin los detalles de primer nivel. La dirección general de flujo de crestas debe existir para que exista un camino de cresta específica. Figura 9-3 representa tres impresiones con los detalles de niveles primero y segundo.

9.2.2.3 Detalle de tercer nivel. Los detalles de tercer nivel son las formas de las estructuras de la cresta. Este nivel de detalle abarca la morfología (bordes, texturas y posiciones de los poros) de la cresta. Los científicos de huellas dactilares Edmund Locard y Salil Chatterjee contribuyeron a la concienciación de la esfera de los bordes y los poros de la cresta [Chatterjee, 1953, pág.166-169]. Las características de detalles de tercer nivel son únicos en sus formas, secuencias y configuraciones. La claridad de la impresión puede limitar

la capacidad de un examinador de percibir la morfología, secuencias y configuraciones de detalles del tercer nivel. Los detalles del tercer nivel no pueden existir sin los detalles de nivel primero y segundo. La dirección general del flujo de la cresta y un camino de cresta específica deben existir para la morfología o poro posiciones de una cresta visiblemente presente como detalle de tercer nivel en una impresión. La Figura 9-4 representa tres copias con primero, segundo y tercer nivel de detalle.

9.2.2.4 Niveles de detalle de otras características. El primero, segundo y tercer nivel de detalle también pueden describir otras características (por ejemplo, arrugas, cicatrices, crestas incipientes y otras imperfecciones de la piel palmar) representado en una impresión. Los detalles de primer nivel describen las instrucciones y las posiciones de los rasgos

**FIGURA 9-5**

Dirección general de arrugas, cicatrices e imperfecciones.

**FIGURA 9-6**

Dirección general y rutas específicas de arrugas, cicatrices e imperfecciones.

**FIGURA 9-7**

Dirección general, rutas específicas, las formas y bordes de arrugas, cicatrices e imperfecciones específicas.

generales. La Figura 9-5 representa la dirección general de arrugas, cicatrices e imperfecciones.

Los detalles de segundo nivel de arrugas, cicatrices o imperfecciones son los caminos reales de las características específicas. El camino real incluye la posición de partida del detalle, el camino que se necesita, la longitud de la trayectoria, y donde el camino se detiene. Un segundo nivel es mucho más que el lugar donde una característica se detiene o se bifurca. Los detalles de segundo nivel de estas características no requieren que se produzca una terminación de trayecto. Una trayectoria continúa desde un extremo de la impresión al otro extremo de la impresión y se incluye dentro de la definición de detalles de segundo nivel. Los detalles de segundo nivel de otras características no pueden existir sin los detalles de primer nivel de las mismas características. La Figura 9-6

representa la dirección general y rutas específicas de arrugas, cicatrices e imperfecciones.

Los detalles del tercer nivel de arrugas, cicatrices o imperfecciones son las morfologías o formas dentro de sus estructuras. Este nivel de detalle abarca los bordes morfológicos y texturas a lo largo de o en la función. Los detalles de tercer nivel de una arruga, cicatriz o imperfección no pueden existir sin los niveles primero y segundo de estos detalles. Las formas específicas y los bordes de las arrugas, cicatrices e imperfecciones se representan en la Figura 9-7.

El énfasis tiene que ser colocado en la persistencia. No importa que la característica única que sea considerada, la persistencia de la función de la fuente debe ser suficiente entre los dos eventos de toque para los detalles de la característica de ser significativa en un examen.

9.2.3 Rangos de Claridad

La capacidad para describir completamente la claridad de una impresión es difícil, si no imposible, porque hay rangos de claridad dentro de cada nivel de detalle, y los niveles de detalle no son igualmente claros a través de cada nivel dentro de una impresión. Existen los rangos de la claridad dentro de cada nivel de detalle debido a la claridad dentro de cada nivel, que varía dentro de cada impresión [Vanderkolk, 2001]. Los datos claros de primer nivel tienen más significado que los detalles menos claros de primer nivel. Del mismo modo, los detalles claros de segundo nivel tienen más importancia que los detalles menos claros de segundo nivel y los detalles claros de tercer nivel tienen más significado que los detalles menos claros del tercer nivel. Conforme mejora la claridad, el poder o la importancia de los detalles dentro de cada nivel mejora.

Los rangos de claridad y su importancia dentro de cada uno de los tres niveles de detalle se muestran en la Figura 9-8 [Vanderkolk, 2001]. El eje de la claridad representa la claridad de los detalles de las características de crestas de fricción. La claridad puede acercar grabaciones perfectamente claras de las características de crestas de fricción, pero nunca alcanzará una claridad perfecta. El eje se acerca, pero no alcanza, calidad 100% registrada por las características de la fuente.

La claridad es difícil de cuantificar con precisión. Es por eso que no se le asigna una escala numérica en el eje de claridad. Esta escala simplemente representa la relación entre

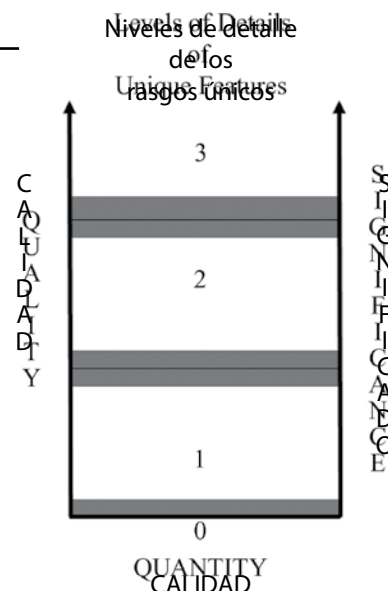
la calidad y el significado. Como la calidad de los aumentos de impresión, la importancia del detalle observó aumentos.

La claridad tampoco puede existir sin una cantidad de detalles. Cualquier cifra que representa el aspecto de la claridad debe incluir también una cantidad de esos detalles. Como se observan esos detalles y comparativamente medidos, la cantidad de datos aumenta a través del eje horizontal y la claridad de los mismos detalles que se representan con el eje vertical. (Para más información sobre la relación entre claridad y cantidad, ver sección 9.4.).

La parte inferior de la Figura 9-8 comienza en 0. No hay imagen, no hay detalles, no tiene importancia. El diagrama se divide en primera segunda y tercera, los niveles. Existe un ancho definido de la cantidad de detalles a través del eje horizontal. Las alturas se producen dentro de cada nivel, que representa los incrementos definidos que detallan, que tendrá como la claridad de la imagen aumenta. Todos los detalles de primer nivel no son igualmente claros. Todos los detalles de segundo nivel no son igualmente claros. Todos los detalles de tercer nivel no son igualmente claros. Los detalles dentro de cada nivel y entre los niveles tienen un significado o poder diferente, dependiendo de sus claridades. A medida que aumenta la claridad, la importancia de los detalles aumenta. Conforme la claridad disminuye, la importancia de los detalles disminuye. Observe que no hay nivel superior a los detalles de tercer nivel. Una vez más, la claridad de la imagen y los detalles de tercer nivel puede acercarse, pero nunca llegar a la perfecta grabación de las características de la piel.

FIGURA 9-8

Rangos de claridad y su importancia en los tres niveles de detalle. (Adaptado de Vanderkolk, 2001, pág. 462.)





Una amplitud indefinida de zona gris en la Figura 9-8 separa cada nivel. Estas áreas grises representan la experiencia y la duda del examinador. Las líneas negras dentro de las áreas grises representan la realidad. El examinador no puede determinar perfectamente cuando la claridad de los detalles transicionan de un nivel a otro; existe la duda. El examinador debe predeterminar la menor importancia en caso de duda. Igual de importante, el examinador no debe dar demasiada importancia a los detalles dentro de una zona de nivel de blanco. Demasiada importancia no se debe dar a cualquier detalle en particular [Grieve, 1988; Ashbaugh, 1999, pág. 95-97, 143, 217-226; Vanderkolk, 1999; Vanderkolk, 2001].

Al igual que en los rangos de claridad dentro de los niveles de detalles de las características de la cresta de fricción, hay rangos de claridad dentro del primero, segundo y tercer nivel de detalles de pliegue, cicatriz y características de imperfección.

9.3 Método de Examen ACE-V

El método de examen de análisis, comparación, evaluación (ACE) y la verificación (V) tiene una historia de progresión [Huber, 1959 60; Huber, 1972; Cassidy, 1980; Tuthill, 1994; Ashbaugh, 1999; Vanderkolk, 2004]. ACE-V es el método de examen descrito en documentos del Grupo de Trabajo Científico de Análisis, Estudio y Tecnología de Crestas de Fricción (SWGFAST) [SWGFAST, 2002a, pág. 2]. Las variaciones de las descripciones utilizadas en otras partes paralelas de las fases de ACE en otras aplicaciones científicas [Palmer, 1999, pág. 413-416] y ACE-V en otras disciplinas forenses [McKasson y Richards, 1998, pág. 131-138]. ACE es una simple explicación de las fases que intervienen en la percepción y la toma de decisiones. ACE da las fases específicas de expertos de examen que pueden ser utilizados para documentar la percepción, recopilación de información, comparación y toma de decisiones que se lleva a cabo durante un examen de copias. El método científico es a menudo descrito como la observación, formulación de hipótesis, experimentación, análisis de datos, y conclusión. ACE es una descripción de un método de comparación de datos de impresión, formando una hipótesis sobre el origen, la experimentación para determinar si se está de acuerdo o en desacuerdo, el análisis de la suficiencia de acuerdo o en desacuerdo, lo que hace una evaluación y una nueva prueba para determinar si la conclusión puede ser repetida.

Describiendo la recopilación de información y la toma de decisiones es difícil. ACE es un enfoque estructurado para la recopilación de información sobre los detalles de las impresiones. ACE no es un método lineal en el que el análisis se lleva a cabo una vez, la comparación se lleva a cabo una vez y luego se toma una decisión, una vez en la evaluación. ACE puede y de hecho se repite durante la recopilación de información y la toma de decisiones. Sin embargo, las tres fases de la ACE deben ser discutidas de manera independiente. El análisis y la comparación se realizarán de forma que las medidas y secuencias comparativas se pueden determinar con precisión para llegar a una evaluación válida. El examinador debe evitar permitirse prejuicios que influyan en cada fase del examen. Ajustes inadecuados de las determinaciones en las fases de análisis y de comparación, debido a los prejuicios no validan una conclusión hecha en la evaluación. Por lo tanto, las determinaciones incorrectas pueden resultar de sesgos [Dror, 2005, pág. 799-809; Dror, 2006, pág. 74-78; Dror, 2006, pág. 600-610; Byrd, 2005].

9.3.1 Análisis

El análisis es la evaluación de una impresión tal como aparece en el sustrato. El análisis de la impresión se lleva a cabo separando sistemáticamente la impresión en sus diversos componentes. El sustrato, matriz, mediano desarrollo, presión de deposición, presión y distorsión de movimiento y medio de desarrollo se analizan para determinar las variaciones y distorsiones en apariencia. Un análisis de la claridad establece los niveles de detalle que están disponibles para comparar la tolerancia del examinador a las variaciones [Ashbaugh, 1999, pág. 94]. El examinador hace una determinación, basándose en su formación previa, experiencia, conocimiento y sus juicios, si la impresión es suficiente para la comparación con otra impresión. Si uno de los grabados se determina que es insuficiente, el examen se concluye con la determinación de que la impresión es insuficiente a efectos de comparación. Si la impresión conocida es insuficiente, se necesitan estándares más conocidos para su posterior comparación.

9.3.2 Comparación

La comparación directa o de lado a lado de los detalles de crestas de fricción para determinar si los datos en dos impresiones están de acuerdo, se basan en la similitud, la secuencia y relación espacial que se produce en la fase de comparación [Ashbaugh, 1999, pág. 109-136, SWGFAST, 2002a, pág. 3]. El examinador realiza mediciones

comparativas de todos los tipos de datos y sus secuencias y configuraciones. Esta medida comparativa es una evaluación mental de detalles, no sólo una serie de medidas físicas, utilizando una escala fija. Las evaluaciones comparativas consideran tolerancia a las variaciones en las apariencias causadas por distorsiones. Debido a que ninguna impresión es replicada siempre perfectamente, las mediciones comparativas mentales deben estar dentro de la tolerancia aceptable para las variaciones. Medidas comparativas de detalles de primer, segundo y tercer nivel se realizan junto con las comparaciones de las secuencias y configuraciones de los caminos de la trayectoria de las crestas. Para repetir, la medición comparativa implica mentalmente medir las secuencias y configuraciones de los elementos de todos los niveles y tipos de datos de la primera impresión con los mismos elementos de la segunda impresión.

Como se dijo anteriormente, debido a que cada toque independiente de un sustrato produce una impresión única con una variación en la apariencia, la tolerancia de medida comparativa debe ser considerada durante la fase de comparación. Cuanto menos clara o más distorsionada sea su impresión, más tolerante a las variaciones debe ser el examinador. Entre más clara y menos distorsionada sea la impresión, menos tolerante a las variaciones debe de ser el examinador. Debido a que el examinador es más tolerante a las variaciones en las impresiones de mala calidad, el examinador requerirá más detalles al hacer una determinación de concordancia o desacuerdo. Debido a que el examinador es menos tolerante a las variaciones en las impresiones de buena calidad, el examinador puede hacer una determinación usando menos detalles. Como se mencionó anteriormente, la comprensión de las causas de distorsión apoyará las explicaciones de las variaciones en las apariencias. El examinador debe estudiar una variedad de impresiones distorsionadas conocidas para entender la tolerancia aceptable para las variaciones de apariciones en las impresiones.

El acuerdo o desacuerdo como tal de detalles similares en secuencias y configuraciones entre dos impresiones es la determinación solicitada por el examinador durante la comparación. Debido a que las impresiones pueden variar en apariencia, juicios deben ser hechos durante todo el proceso. Después de las determinaciones de la concordancia o desacuerdo actual del primero, segundo o tercer nivel de detalles en la fase de comparación, la evaluación es el siguiente paso.

9.3.3 Evaluación

“La evaluación es la formulación de una conclusión basada en el análisis y la comparación de la piel con crestas de fricción” (huellas) [SWGFAST, 2002a, pág. 3]. Mientras que en la fase de comparación, el examinador hace determinaciones de concordancia o desacuerdo de detalles individuales de los grabados en cuestión, en la fase de evaluación del examinador toma la determinación final sobre si un hallazgo de la individualización, o la misma fuente de origen, se pueden hacer.

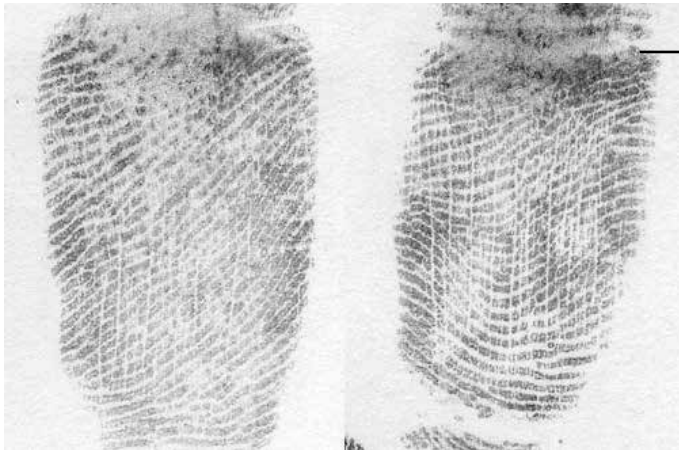
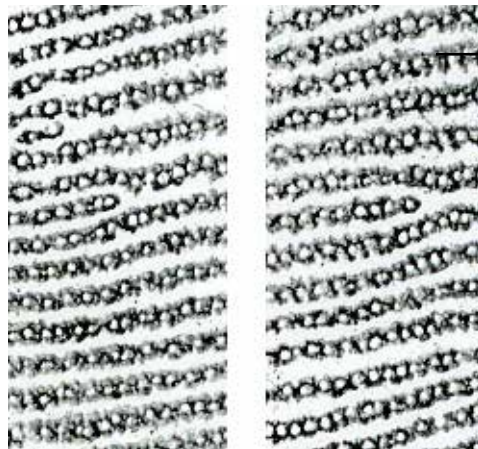
Durante la evaluación, el examinador no puede determinar si dos impresiones se originaron en la misma fuente con la única concordancia de detalles de primer nivel. Si el examinador determina concordancia suficiente de primer y segundo niveles de detalles, o de primer, segundo y tercer niveles de detalle, tras el análisis y la comparación, se hace una evaluación de la individualización. La Figura 9-9 representa dos impresiones con primero, segundo y tercer nivel de concordancia. (No todos los detalles están marcados en la Figura 9-9.)

Si se realiza una determinación de que los detalles en los niveles primero, segundo o tercero en realidad no concuerdan, la evaluación de análisis y la comparación de los resultados en una determinación de exclusión como se representa en las figuras 9-10 a 9-12. Es importante tener en cuenta que la exclusión de un dedo, como habiendo hecho la impresión desconocida no es lo mismo que la

FIGURA 9-9

Dos impresiones con los niveles primero, segundo y tercero que concuerdan.



**FIGURA 9-10***Detalles de primer nivel en desacuerdo.***FIGURA 9-11***Detalle de segundo nivel en desacuerdo.***FIGURA 9-12***Detalle de tercer nivel en desacuerdo.*

exclusión de una persona o de haber hecho la impresión desconocida. El examinador debe indicar si la fuente de exclusión es una persona, una mano o pie, un dedo o dedo del pie o crestas. Los registros suficientemente completos y claros del detalle de las superficies palmares se necesitan para hacer cualquier exclusión.

La incapacidad para determinar un desacuerdo real no da lugar a una determinación de la individualización. En cam-

bio, si tras el análisis y la comparación no hay una determinación de acuerdo o desacuerdo de detalles suficientes, una determinación inconcluyente se requiere [SWGFAST, 2002a, pág. 4]. Los detalles pueden parecer como que podrían concordar o no, pero hay duda. El examinador no puede determinar si los datos concuerdan o no, o tal vez ni siquiera se puede determinar si las secuencias y configuraciones de detalles son suficientes para decidir. Esto podría ser debido a la insuficiencia de la impresión desconocida,

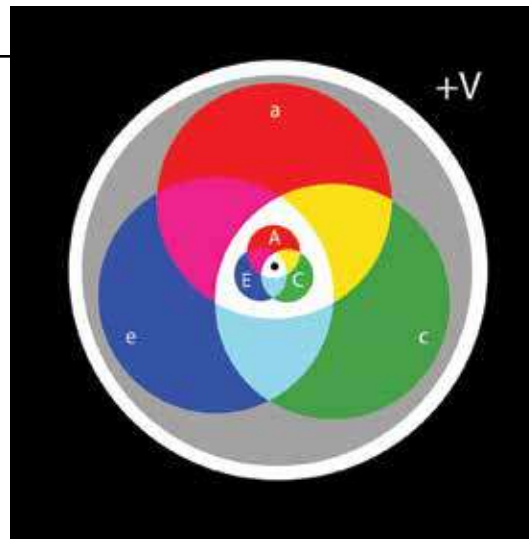
FIGURA 9-13

Las fases primarias recurrentes, reversibles y la mezcla de ACE están representados por los pequeños círculos entrelazados con los colores siguientes: A = rojo; C = verde; E = azul. Las fases de mezcla de A / C = amarillo; C / E = azul / verde; A / E = magenta; A / C / E = blanco.

Las fases complementarias recurrentes, reversibles y la mezcla de la experiencia de ACE están representados por los círculos más grandes entrelazados con los siguientes colores: a = rojo; c = verde; e = azul. Las fases de mezcla de a / c = amarillo; c / e = azul / verde; a / e = magenta; a / c / e = blanco.

El punto negro en el centro representa el procesamiento subconsciente de detalle con el que se puede producir la percepción. El gris (que rodea los círculos ACE) representa otro conocimiento experto, creencias, prejuicios, influencias y habilidades. El blanco que rodea el gris representa la decisión que ha sido tomada.

(Tomado de la Revista de Identificación Forense, 2004, 54 (1), pág. 49.)



insuficiencia de la impresión conocida o una combinación de ambos. El examinador no puede determinar qué factor es insuficiente y debe por defecto a una determinación inconcluyente.

9.3.4 Aplicación Recurrente, Invertida y de Fusión de ACE

La mente humana es demasiado compleja como para llevar a cabo una sola aplicación lineal y única de análisis, comparación y evaluación durante un examen. La Figura 9-13 representa un modelo para ayudar a explicar e ilustrar la complejidad de la variedad de fases de percepción que se dan y se repiten durante un examen. La aplicación crítica de ACE está representada en el modelo por área roja A, zona verde C y zona azul E.

No hay flechas en el modelo. El examen comienza con el análisis, luego la comparación y entonces la evaluación; sin embargo, el examinador puede cambiar las fases con poco esfuerzo. Las fases del examen recurren con frecuencia. El examinador a menudo re-analiza, re-compara, y vuelve a evaluar durante el examen. La aplicación recurrente de cada fase es un fenómeno natural.

El examinador puede cambiar fácilmente de dirección en el examen. Si no es posible determinar la importancia de la exploración con los detalles y la información recopilada en la fase actual, el examinador puede invertir el sentido de la aplicación y volver a una fase anterior.

Las fases reales del examen no pueden estar completamente aisladas de las otras fases. Tras el análisis de la primera impresión, el análisis de la segunda impresión comienza. Durante este segundo análisis, el examinador comienza a comparar mentalmente los detalles en la primera impresión contra los detalles que se determinan en la segunda impresión. Conforme este segundo análisis se lleva a cabo, una comparación mental comienza; las fases de análisis y comparación parecen mezclarse. Incluso mientras se analiza y compara la segunda impresión, una evaluación de las fases de análisis y la comparación comienza a tener lugar. La evaluación se mezcla en el análisis, que se mezcla con la comparación. Esto sucede dentro de todas las fases del examen. La mezcla de fases es más evidente cuando se excluye rápidamente una fuente como haber hecho las impresiones cuando los primeros detalles de nivel son extremadamente diferentes. Durante la comparación, el re-análisis se lleva a cabo. Cuando se realizan las mediciones comparativas críticas, se volvió a



analizar el detalle para verificar el análisis anterior. Durante la comparación, las evaluaciones comienzan a tener lugar. Durante la evaluación, el re-análisis y re-comparación se llevan a cabo. Todos estos procesos parecen ocurrir al mismo tiempo en la mente del examinador.

El examinador debe examinar críticamente las impresiones mientras esté en cada fase y comprender el potencial que se repite, se invierte y mezcla en cada fase. Los sesgos potencialmente pueden influir en las percepciones que tienen lugar en cada fase. El examinador debe resistirse a usar lo que está decidido a estar presentes en una impresión como justificación para encontrar ese detalle en la otra impresión. Los análisis, comparaciones y evaluaciones no deben ser contaminados por la justificación del examinador de detalles que no existe. Los detalles deben determinarse a partir de los análisis propios de la primera impresión, seguidos de análisis propios de la segunda impresión. Conforme las comparaciones se llevan a cabo, se reconsiderarán los análisis. Conforme las evaluaciones se llevan a cabo, los análisis y las comparaciones serán reconsiderados. El examinador debe aplicar conscientemente cada fase independiente de la ACE. La percepción crítica debe tener lugar en las fases separadas de ACE, y las decisiones críticas se deben hacer dentro de cada fase también.

El examinador tiene que atender críticamente a las impresiones durante el examen. El examen actual se representa en el modelo de los tres círculos más pequeños con A, C, y E en mayúsculas en las partes roja, verde y azul de los círculos. Los colores de los círculos representan la atención dedicada en el examen. El punto negro en el centro del modelo representa la percepción subconsciente. La zona centro blanco representa un ACE mezclado que se produce muy rápidamente. Amarillo, cian y magenta también representan las fases combinadas. Consciencia de la percepción y las decisiones de importancia crítica deben ser hechas durante el examen, representado por las partes rojas, verdes y azules de las fases.

El examinador basa las decisiones tomadas durante el examen en la experiencia o los conocimientos y creencias de la formación previa, experiencia, conocimiento y los juicios propios y en colaboración con otros científicos. Esta experiencia está representada por los círculos de colores y está superpuesta en grandes etiquetados con letras minúsculas de a, c, y e que rodean el examen actual más pequeño de círculos de colores. El examen actual se lleva a cabo dentro de los círculos de peritaje grandes.

Cada examen ACE se basa en los conocimientos adquiridos en las anteriores. En el diagrama, el examen actual que sucede dentro de las fases mezcladas de los análisis anteriores, comparaciones y evaluaciones. Además, cada una de las tres fases del examen ACE actual se analiza (a), en comparación (c), y se evalúa (e) en consideración de los exámenes previos y la capacitación, experiencia, conocimiento, y juicios para determinar el significado de la impresión o suficiencia. Es por ello que el modelo representa el examen actual que tiene lugar dentro de la zona de solapamiento blanco de las fases de expertos más grandes de la modelo.

Numerosos análisis, comparaciones y evaluaciones se llevan a cabo dentro de las fases de la ACE. La primera impresión (la impresión desconocida o latente) se analiza numerosas veces como sea necesario. A continuación, la segunda impresión (generalmente la impresión conocida o estándar) se analiza en numerosas ocasiones, según sea necesario. Entonces, la primera impresión se compara con la segunda impresión varias veces, según sea necesario. Muchas mediciones comparativas se llevan a cabo para determinar la concordancia o no de varios niveles de detalle. Muchas evaluaciones se llevan a cabo. Finalmente, el análisis final y la comparación conducen a la evaluación final.

Muchas influencias pueden afectar el examen ACE actual. El conocimiento y las creencias de la singularidad, la persistencia, y la evidencia de impresión en otros tipos de ciencias forenses comparativos pueden influir en el examen. Los prejuicios, presiones o expectativas pueden influir en el examen. El examinador tiene que ser consciente de otras influencias y realizar el examen para que estas influencias no afectan negativamente el examen. Estas otras influencias están representados por el gris que rodea los círculos de colores.

El blanco alrededor de los círculos representa la decisión tomada después de un análisis crítico, la comparación y examen de evaluación de las impresiones. Después de un examen ACE a suficiencia dentro de la experiencia y las influencias, el examinador hace una determinación.

9.3.5 Verificación

“La verificación es el examen independiente por otro examinador calificado que resulta en la misma conclusión” [SWGFAST, 2002a, pág. 4]. En la figura 9-13, la verificación es representada por + V. Tener un segundo examinador que aplica la metodología ACE entre las impresiones conocidas

así como desconocidas sin indicaciones de una conclusión anterior por el examinador original es un método de aplicación de verificación. Volver a trabajar en el caso con las indicaciones de las decisiones tomadas por el examinador original es otro método de aplicación de la verificación. La realización de un examen entre dos impresiones agrandadas y cartografiadas proporcionados por el examinador original es otro método de aplicación de la verificación. Hay muchos métodos de aplicación de la fase de verificación de un examen más allá de estos ejemplos. El método de verificación se debe seleccionar de manera que el verificador no esté mal influenciado por las resoluciones del examinador originales o productos de trabajo. El verificador debe ser capaz de llegar a una conclusión imparcial.

SWGFAST establece que la verificación es requerida para todas las individualizaciones. La verificación es opcional para la exclusión o determinaciones no concluyentes [SWGFAST, 2002a, pág. 4].

9.4 Umbrales de Decisión

Cada impresión examinada debe tener detalles o el registro de las características de la piel suficientes para determinar o descartar la fuente. La falta de claridad en las impresiones disminuye la capacidad del examinador para determinar o excluir una fuente de la impresión. Debido a que las impresiones tienen calidad reducida de los datos, las impresiones deben tener suficiente cantidad de detalles de estas características para determinar o excluir una fuente.

Se deben tomar decisiones dentro de cada fase de la ACE. Debe ser decidido ya sea para ir hacia adelante, hacia atrás o detenerse en el examen. La selección de un umbral de suficiencia es el reto. Durante los últimos 100 años, se han presentado varios modelos de suficiencia. Locard presentó su regla tripartita en 1914; indicó que más de 12 minucias claras establecen certeza [Champod, 1995, pág. 136]. En 1924, el New Scotland Yard adoptó una política (con algunas excepciones) de exigir 16 puntos [Evelt, 1996, pág. 51-54]. En algún momento antes de 1958, la Oficina Federal de Investigaciones abandonó la práctica de exigir un número determinado de puntos [Hoover, 1958]. Durante la conferencia de 1970 de la Asociación Internacional para la Identificación (IAI), se aprobó una resolución para formar un comité con el fin de determinar “el número mínimo de características de crestas de fricción que deben estar presentes en dos impresiones con el fin de establecer la identificación positiva” [McCann, 1971, pág. 10]. Tres años

más tarde, ese comité informó que “no existe fundamento válido en este momento para que se establezca un número mínimo predeterminado de características de crestas de fricción que deba estar presente en dos impresiones con el fin de establecer la identificación positiva” [McCann, 1973, pág. 14]. El informe del Comité de Normalización se ha reafirmado y continúa hasta la fecha como la posición del IAI y se ha reafirmado en otros foros [Grieve, 1995, pág. 580-581; SWGFAST, 2004, pág. 1]. En América del Norte, el umbral de suficiencia que prevalece es la determinación del examinador de que existe cantidad y calidad de detalles suficientes en los grabados que se comparan.

Este es el umbral cuantitativo-cualitativo (QQ) y se puede explicar simplemente como: para impresiones de la piel palmar, mientras la calidad de detalles en las impresiones aumenta, el requisito para la cantidad de detalles en las huellas disminuye. Mientras la cantidad de datos en las huellas aumenta, el requisito de calidad de datos disminuye. Entonces, para las impresiones más claras, se necesitan menos detalles y para huellas menos claras, se necesitan más detalles. Esto sigue la ley de la singularidad en la formación de patrones en la naturaleza. Al ser cuestionado a predeterminar cuánto se necesita para individualizar, eso depende que tan claras son las impresiones y cuántos detalles están presentes.

QQ representa el umbral más natural para el reconocimiento de los detalles de características únicas. Reconocimiento Natural se basa en cómo está claro que es una impresión y cuántos detalles se encuentran en la impresión. El umbral QQ se puede utilizar en todas las ciencias forenses comparativas que dependen de singularidad y persistencia en la fuente para hacer determinaciones. Cantidades predeterminadas artificiales de detalles limitados y etiquetados genéricamente de características únicas de la fuente no son adecuadas para explicar concordancia. Suficiencia para determinaciones de mismo origen depende de una relación calidad/cantidad.

La Figura 9-14 representa las curvas del umbral QQ [Vanderkolk 1999, Vanderkolk 2001]. Para cualquier impresión de la piel palmar, la calidad se basa en la cantidad igual que la cantidad depende de la calidad. Bajo la curva está la insuficiencia. La insuficiencia está representada por el negro. Al salir del negro y la interconexión con la curva de color gris se alcanza la suficiencia. Este umbral de suficiencia se basa en el valor de 1. (X veces y = 1, Q o Q veces = 1, es la curva). Una unidad de singularidad de concordancia es el mínimo teórico necesario para determinar que las

**FIGURA 9-14**

Curvas calidad cantidad

(Adaptado de la Revista de Identificación Forense, 2001, 51 (5), pág. 464.)

huellas habían sido hechas por la misma fuente única y persistente. Una unidad de singularidad en desacuerdo es el mínimo necesario para determinar que las dos impresiones se habían hecho por diferentes fuentes únicas y persistentes. Por ello, el modelo de umbral se basa en el valor de los tiempos de calidad-cantidad que equivale a uno. Sin embargo, el examinador no puede determinar el umbral real mínimo del absoluto de suficiencia de una unidad de singularidad. Por lo tanto, el examinador debe ir más allá del umbral mínimo teórico de uno, a través del área duda gris con las curvas, y la transición a conocer y creer en la determinación. Una comprensión de la suficiencia se obsesiona más allá de la duda gris, en el área de blanco.

Definir los atributos físicos de una unidad de singularidad usando términos comunes es difícil, si no imposible, porque cada unidad de singularidad es en sí misma única. Menos claridad de muchos detalles aumenta la necesidad de tener más cantidad de detalles para igualar una unidad. Las secuencias y alineaciones de los detalles y características se deben estudiar para desarrollar conocimientos y comprender la singularidad. La comprensión de los atributos físicos de la singularidad se basa en una formación, experiencia y conocimiento previos, y los juicios de los expertos y las creencias de la comunidad científica que colabora.

Los ejes grises de calidad y cantidad cortan en cero. Si las curvas QQ fueran a intersectar con cualquiera de los ejes, no habría impresión: una impresión sin calidad de detalles no podría existir. Tampoco pudo hacerlo una impresión con ninguna cantidad de detalles. Las curvas QQ continúan a lo largo de ambos ejes. Las impresiones pueden acercarse al registro perfecto y completo de todos los detalles de todas las características de la piel, pero nunca alcanzarán la perfección. Puesto que la naturaleza es única, no puede haber nunca una impresión perfecta y completa, o la replicación de la singularidad. Si se produjera la replicación completa de unicidad, la singularidad cesaría.

Las curvas se detienen en el modelo porque el examinador sólo puede percibir detalles a un nivel práctico; las curvas en realidad siguen. El eje de calidad se acerca, pero no puede alcanzar el 100% de claridad de la fuente original. Los enfoques del eje cantidad, pero no pueden alcanzar, el registro completo de todas las rasgos dentro de la zona registrada de la piel. El modelo representa la realidad y practicidad al mismo tiempo.

La curva del lado derecho representa suficiencia de concordancia de los detalles para la fase de evaluación. Esta curva también representa suficiencia de detalles en las fases de análisis y de comparación. La curva en el lado izquierdo representa la suficiencia de desacuerdo de los detalles para las fases de comparación y evaluación. Éstas son dos curvas positivas separadas y distintas, las imágenes especulares entre sí. Las curvas deben de ser separadas y distintas. Actual concordancia y desacuerdo de detalles únicos en dos impresiones de la fuente (s) única y persistente no pueden existir al mismo tiempo. Dos impresiones de diferentes fuentes únicas y persistentes no pueden tener dos, cuatro, seis, o cualquier número de detalles que realmente coincidan. (Si un examinador declara que esto es posible, el examinador está confundido acerca de la singularidad, confundido acerca de la persistencia, confundido acerca de una concordancia real, confundido acerca de desacuerdo real, o una combinación de todos ellos.).

La capacidad de percibir el acuerdo o desacuerdo está limitada por una combinación de las impresiones imperfectamente registradas y las capacidades perceptivas del ser humano. Si no existe suficiencia para la determinación de fuente o exclusión, el examinador no puede determinar si los detalles de las características únicas de la fuente (s) son de concordancia o no. Por lo tanto, existe la duda entre gris, o se conectan las dos áreas insuficientes bajo las curvas QQ de concordancia y desacuerdo. El examinador no puede determinar si los detalles de las características únicas y persistentes de la piel realmente concuerdan o no.

El examinador no puede determinar la suficiencia de las secuencias y configuraciones de los detalles que se perciben.

El modelo también representa las tres decisiones que se puede alcanzar después de realizar análisis, comparaciones y evaluaciones:

- Concordancia (área blanca): detalles suficientes de acuerdo y apoyan la determinación de que los grabados proceden de la misma fuente.
- Desacuerdo (área blanca): suficientes detalles no están de acuerdo y justifican la determinación de que las impresiones son procedentes de diferentes fuentes.
- Concluyentes (zonas grises y negro): El examinador no puede determinar si los detalles realmente concuerdan o no, o no se puede determinar la suficiencia de las secuencias y configuraciones.

La posición de la interface entre el negro y el gris es fijo. El área de color negro debajo de cada curva también es fijo. El negro es la insuficiencia, menor que el valor de 1. La anchura de la gris varía. El límite superior de la gris puede ampliar lejos del negro para representar menos experiencia o más duda, o contrato hacia el negro para representar más o menos experiencia o duda. Cada examinador varía en su anchura de la gris. La anchura varía con el conocimiento, la formación, la experiencia, la comprensión y juicios propios y de los demás. La anchura de la gris también representa las variaciones diarias individuales dentro del examinador.

El examinador debe evitar exámenes cuando no puedan asistir adecuadamente en el examen. El factor humano debe ser considerado al momento de determinar. El examinador debe recordar, “en caso de duda, no” y “no estar equivocado”. El gris también representa la interacción del examinador con el método y el umbral. El examinador es parte del método y hace que las determinaciones utilizando el umbral QQ como modelo.

9.5 El Examinador

Un examen ACE comienza con el análisis de la primera impresión. El examinador entonces selecciona y almacena algunos de los detalles de la primera impresión como un grupo objetivo en la memoria. El tamaño o área de la impresión que contiene el grupo objetivo no debe ser demasiado grande porque el examinador no puede almacenar perfectamente todos los detalles de un grupo grande en la

memoria. Estos detalles son muy probablemente algunos de primer nivel de dirección general con secuencias y configuraciones de algunos detalles, posiblemente de segundo y tercer nivel limitadas. Los detalles de crestas, arrugas, cicatrices e imperfecciones también se pueden incluir dentro del primer grupo objetivo seleccionado. La persistencia de las características de la piel se debe considerar al seleccionar y luego buscar un objetivo. El examinador normalmente selecciona objetivos que son distintos y se producen cerca del delta, núcleo, o interfaces de detalles de crestas, arrugas, cicatrices e imperfecciones, ya que debe ser fácil de determinar si estos existen en la segunda impresión.

A continuación, el análisis de la segunda serie de impresiones se inicia. Un ejemplo podría ser una tarjeta decadactilar. Las impresiones definitivamente diferentes se excluyen de forma rápida con base en una muy diferente dirección general de flujo de crestas de primer nivel. Este es un ejemplo de mezcla del análisis, comparación y evaluación. Durante el análisis de la segunda impresión, el grupo objetivo de los detalles de la primera impresión es recordado conforme comparaciones y evaluaciones empiezan a tener lugar. El flujo de crestas, secuencias y configuraciones de primer nivel del grupo objetivo de los detalles de la primera impresión se buscan en la segunda impresión. Si un grupo objetivo potencial no se encuentra en la segunda impresión, se selecciona entonces un segundo grupo objetivo en la primera impresión. Este segundo grupo objetivo se busca entonces en la segunda impresión. Como siempre, la selección de una serie de grupos destinatarios de primer, segundo y si es necesario, tercer nivel de detalles de crestas, arrugas, cicatrices o imperfecciones se basan en la experiencia de la formación, experiencia, conocimiento, y los juicios de la búsqueda anterior.

Una vez que un grupo objetivo similar se encuentra en la segunda imagen, mediciones comparativas críticas y recurrentes de secuencias y configuraciones de los niveles primer y segundo o tercero de detalles tienen lugar. Si se determina suficiencia por concordancia en el objetivo y los detalles aledaños, el examinador determina que las dos impresiones fueron producidas por la misma fuente.

Si los grupos objetivo de la primera imagen no se pueden encontrar en la segunda impresión, y el examinador determina los detalles de las características persistentes en realidad no pueden existir en la fuente de la segunda impresión, después de análisis y comparaciones recurrentes



de diversos grupos destinatarios suficientes, la exclusión de la fuente en particular se justifica.

Si los grupos objetivo de la primera impresión parecen encontrarse en la segunda impresión, pero la determinación de concordancia o desacuerdo de las mediciones comparativas de todos los niveles de los detalles disponibles a través de las impresiones no pueden ser determinadas entre las dos impresiones, o los grupos objetivo de la primera impresión no pueden ser excluidos de la realidad que ocurre en las características de la fuente de la segunda impresión, una evaluación inconcluyente se requiere. Si el examinador no puede explicar las variaciones de las apariencias, distorsiones, discrepancias, diferencias, concordancia o desacuerdo entre las dos impresiones, la determinación inconcluyente se justifica de manera similar.

9.6 Las Huellas Dactilares Simultáneas, Adyacentes o Agregadas

Si se analiza un grupo de huellas desconocidas y se determina que se han depositado dentro de la tolerancia de la simultaneidad de una persona, basado en sustrato,

matriz, presión, movimiento, calidad y cantidad de niveles de detalle en las impresiones de las huellas, éstas se pueden analizar, comparadas y evaluadas como una unidad agregada de una persona. Las impresiones individuales dentro del agregado son de áreas individuales o fuentes da la cresta, todas de la fuente agregada de una persona.

Como en muchos aspectos de la ciencia forense comparativa, se hacen retos sobre las impresiones agregadas. Al igual que con las impresiones individuales, el examinador tiene que ser capaz de defender el agregado basado en la investigación, formación, experiencia, comprensión y juicios. El que la fuente pueda ser determinada depende de la calidad y cantidad de detalles y experiencia del examinador en impresiones agregadas [Ashbaugh, 1999, pág. 134-135; FBI, pág. 3-4; Cowger, pág. 154-158; SWGFAST, 2002b; Negro, 2006]. La figura 9-15 muestra el examen de detalles en un agregado para llegar a una decisión.

9.7 Resumen

Un experto realiza un examen basado en el conocimiento y las creencias de la formación, experiencia, conocimiento

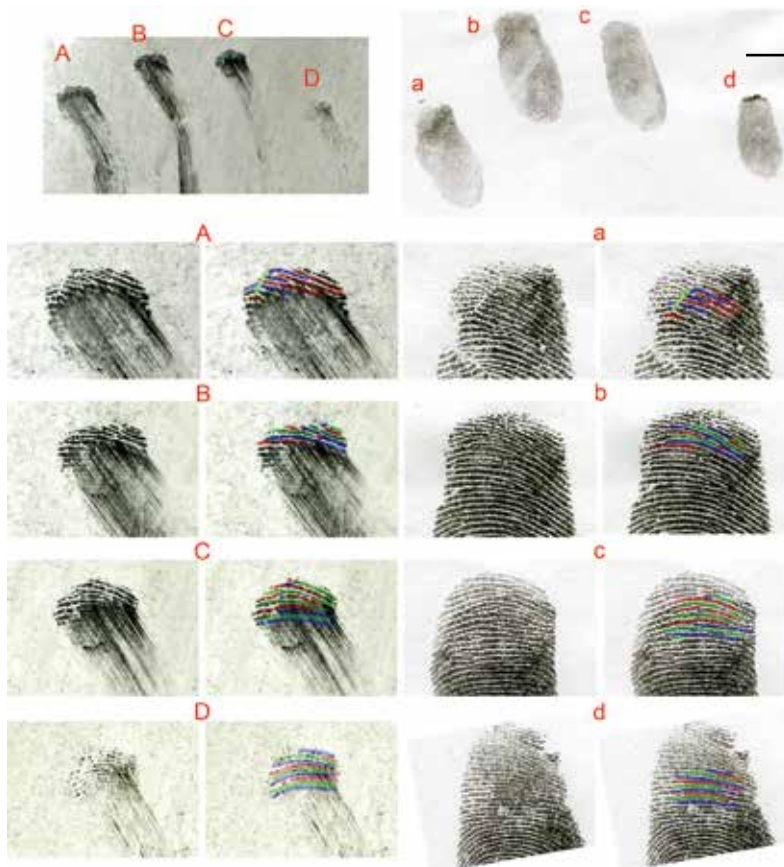


FIGURA 9-15

Cada impresión latente está marcada con letras mayúsculas y su impresión conocida correspondiente está marcada con una letra minúscula correspondiente. Las columnas primera y tercera muestran las impresiones individuales preliminares. Las columnas segunda y cuarta tienen marcas de color para mostrar el flujo y detalles de la cresta correspondiente.

y juicios. Una explicación aceptable de un método para documentar la percepción de expertos es el análisis, comparación y evaluación, y la demostración de las determinaciones repetibles con la verificación.

Existen niveles de claridad dentro de todas las impresiones hechas por una fuente única y persistente. Una descripción de los niveles primero, segundo, tercero y de detalle de las características de la fuente se utiliza para describir la claridad. Existen rangos de claridad en cada uno de los tres niveles de detalles. Los detalles en las impresiones tienen varios significados basados en la claridad.

Las decisiones se toman a lo largo del proceso perceptivo. Un umbral, basado en detalle y experiencia única, se utiliza para tomar decisiones durante todo el proceso. La calidad de los detalles de las características únicas de la fuente necesita de una cantidad correspondiente de detalles para ir más allá de la duda a la suficiencia en el umbral QQ. Del mismo modo, la cantidad de detalles de características únicas de la fuente necesita una calidad correspondiente de detalles para ir más allá de la duda en el umbral QQ.

El método de examen necesita que el examinador tome decisiones durante todo el proceso. El examinador debe hacer y contestar todas las preguntas pertinentes para llegar a la conclusión correcta en el examen. El examinador pasa del no saber, a través de la irritación de la duda, a saber y creer. El examinador no solo hace un acto de fe. Lo que se necesita es que los científicos colaboren más para explicar mejor los fundamentos y procesos que los examinadores experimentan al hacer juicios a lo largo de este proceso. Hay más en las comparaciones de huellas que contar con un umbral predeterminado de un número limitado de piezas genéricamente marcadas dentro de los tapices maravillosamente únicos de la piel y las huellas.

9.8 Los Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo fueron Debbie Benningfield, Herman Bergman, Patti Blume, Leonard G. Butt, Mike Campbell, Brent T. Cutro, Sr., Robert J. Garrett, Laura A. Hutchins, Alice Maceo, Charles Richardson, Jon T. Stimac, Kasey Wertheim, y Rodolfo R. Zamora.

9.9 Referencias

- Ashbaugh, D. R. *Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, 1999.
- Ball, P. *The Self-Made Tapestry: Pattern Formation in Nature*; Oxford University Press: New York, 1999.
- Black, J. Pilot Study: The Application of ACE-V to Simultaneous (Cluster) Impressions. *J. Forensic Ident.* 2006, 54 (6), 933–971.
- Byrd, J. S. Confirmation Bias, Ethics, and Mistakes in Forensics. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (4), 511–523.
- Burch, R. Charles Sanders Peirce. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Fall 2001 ed.; Zalta, E., Ed.; 2001.
- Busey, T.; Vanderkolk, J. Behavioral and Electrophysiological Evidence for Configural Processing in Fingerprint Experts. *Vision Res.* 2005, 45 (4), 431–448.
- Cassidy, M. J. *Footwear Identification*; Public Relations Branch of the Royal Canadian Mounted Police: Ottawa, 1980.
- Champod, C. Edmond Locard–Numerical Standards and “Probable” Identifications. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (2), 136–163.
- Chatterjee, S. K. *Finger, Palm and Sole Prints*; Artine Press: Calcutta, 1953, pp 166–169.
- Cowger, J. F. *Friction Ridge Skin, Comparison and Identification of Fingerprints*; Elsevier Science: New York, 1983.
- Dror, I. E.; Péron, A. E.; Hind, S.; Charlton, D. When Emotions Get the Better of Us: The Effect of Contextual Top-Down Processing on Matching Fingerprints. *Applied Cognitive Psychol.* 2005, 19 (6), 799–809.
- Dror, I. E.; Charlton, D.; Peron, A. E. Contextual Information Renders Experts Vulnerable to Making Erroneous Identifications. *Forensic Sci. Int.* 2006, 156 (1), 74–78.
- Dror, I. E.; Charlton, D. Why Experts Make Errors. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (4), 600–616.
- Evett, I.; Williams, R. L. A Review of the Sixteen Points Fingerprint Standard in England and Wales. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (1), 49–73.



- Federal Bureau of Investigation. An Analysis of Standards in Fingerprint Identification. *FBI Law Enforcement Bull.* 1972, 46 (6), 1–6.
- Grieve, D. L. The Identification Process: Attitude and Approach. *J. Forensic Ident.* 1988, 38 (5), 211–224.
- Grieve, D. L. Reflections on Quality Standards—An American Viewpoint. *Fingerprint Whorld* 1990, 110.
- Grieve, D. Symposium Report. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (5), 578–584.
- Grieve, D. L. The Identification Process: TWGFAST and the Search for Science. *Fingerprint Whorld* 1999, 25 (98), 315–325.
- Hare, K. Proportional Analysis: The Science of Comparison. *J. Forensic Ident.* 2003, 53 (6), 700–706.
- Hoover, J. E. Re: Points of Identity in Latent Prints. (Letter to Lt. James Blake, Dated March 12, 1958.) *The Print* 1994, 10 (7), 7.
- Huber, R. A. Expert Witness. *Criminal Law Quarterly* 1959, 2, 276–295.
- Huber, R. A. The Philosophy of Identification. *RCMP Gazette*, 1972, pág 9–14.
- Kirk, P. L. The Ontogeny of Criminalistics. *J. Criminal Law, Crimin. and Police Science* 1963, 54, 235–238.
- Lonergan, B. *Insight: A Study of Human Understanding*, 5th ed.; University of Toronto Press: Toronto, 1992.
- McCann, P. Interim Report of the Standardization Committee of the International Association for Identification. *Ident. News* 1971, 21 (10), 10–13.
- McCann, P. Report of the Standardization Committee of the International Association for Identification. *Ident. News* 1973, 23 (8), 13–14.
- McKasson, S.; Richards, C. *Speaking as an Expert—A Guide for the Identification Sciences From the Laboratory to the Courtroom*; Charles C Thomas: Springfield, 1998.
- McRoberts, A. Nature Never Repeats Itself. *The Print* 1996, 12 (5), 1–3.
- Olsen Sr., R. D. *Problem Solving Techniques in Latent Print Identification*; Federal Bureau of Investigation, U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Washington, D.C., 1983.
- Palmer, S. E. *Vision Science—Photons to Phenomenology*; The MIT Press: Cambridge, 1999.
- Peirce, C. S. The Fixation of Belief. *Popular Sci. Monthly* 1877, 12 (November), 1–15.
- Stoney, D. A. A Quantitative Assessment of Fingerprint Individuality; Ph.D. Thesis, University of California, 1985.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Critical Analysis of Quantitative Fingerprint Individuality Models. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (4), 1187–1216.
- SWGFAST. *Friction Ridge Examination Methodology for Latent Print Examiners*, 2002a.
- SWGFAST. *Training to Competency for Latent Print Examiner*. 2002b.
- SWGFAST. Standards for Conclusions. *J. Forensic Ident.* 2004, 54 (3), 358–359.
- Thornton, J. I. The Snowflake Paradigm. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (2), 399–401.
- Tuthill, H. *Individualization: Principles and Procedures in Criminalistics*; Lightning Powder Co.: Salem, MA, 1994.
- Vanderkolk, J. R. Class Characteristics and “Could Be” Results. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (2), 119–125.
- Vanderkolk, J. R. Forensic Individualization of Images Using Quality and Quantity of Information. *J. Forensic Ident.* 1999, 49 (3), 246–256.
- Vanderkolk, J. R. Levels of Quality and Quantity of Detail. *J. Forensic Ident.* 2001, 51 (5), 461–468.
- Vanderkolk, J. R. ACE+V : A Model. *J. Forensic Ident.* 2004, 54 (1), 45–51.
- Wertheim, P. Scientific Comparison and Identification of Fingerprint Evidence. *The Print* 2000, 16 (5), 1–8.

9.10 Información Adicional

IAI-Resolution VII. *Ident. News* 1979, 29 (8), 1.

IAI-Resolution VII Amended. *Ident. News* 1980, 30 (8), 3.

A False Impression. *Fingerprint Whorld* 1983, 8 (32), 107.

The Science of Fingerprints: Classification and Uses; Federal Bureau of Investigation, U.S. Department of Justice; U.S. Government Printing Office: Washington, D.C., 1984.

Ashbaugh, D. R. Edgeology. *RCMP Gazette*, 1982.

Ashbaugh, D. R. Identification Specialist and Trainer. *RCMP Gazette*, 1982.

Ashbaugh, D. R. Ridgeoscopy—The Time is Now. *Fingerprint Whorld*, 1982, 8 (30), 36–38.

Ashbaugh, D. R. Ridgeology: Our Next Evaluative Step. *RCMP Gazette*, 1983.

Ashbaugh, D. R. Fingerprint Identification Today. *Ident. News* 1983, 33 (8-9, 14–15).

Ashbaugh, D. R. The Key to Fingerprint Identification. *Ident. News* 1985, 35 (7), 13–15.

Ashbaugh, D. R. Poroscopy. *Ident. Canada* 1986, 9 (1), 3.

Ashbaugh, D. R. Palmar Flexion Creases Identification. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (4), 255–273.

Ashbaugh, D. R. Ridgeology. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (1), 16–64.

Ashbaugh, D. R. Incipient Ridges and the Clarity Spectrum. *J. Forensic Ident.* 1992, 42 (2), 106–114.

Ashbaugh, D. R. Defined Pattern, Overall Pattern and Unique Pattern. *J. Forensic Ident.* 1992, 42 (6), 503–512.

Ashbaugh, D. R. The Premise of Friction Ridge Identification, Clarity, and the Identification Process. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (5), 499–516.

Balshy, J. C. The Fingerprint Did Not Lie. *Ident. News* 1976, 26 (3), 3–4.

Berry, J. Editor's Observations. *Fingerprint Whorld* 1980, 5, 103–104.

Berry, J. The Map Reference. *Ident. News* 1985, 35 (9), 12–13.

Blake, J. W. Identification of the Newborn by Flexure Creases. *Ident. News* 1959, 9 (9), 3–5.

Blank, J. P. The Fingerprint that Lied. *Reader's Digest* 1975, pág 81–85.

Bridges, B. C. *Practical Fingerprinting*; Funk & Wagnalls Company: New York, 1942.

Brown, W. Here We Go Again. *Finger Print Mag.* 1947, pág 5–8.

Butler, M. Criminals Use Their Loaf. *Fingerprint Whorld* 1979, 89.

Champod, C.; Lennard, C.; Margot, P. Alphonse Bertillon and Dactyloscopy. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (6), 604–625.

Chapel, C. E. *Fingerprinting: A Manual of Identification*; Coward McCann: New York, 1941.

Chatterjee, S. K. *Speculation in Fingerprint Identification*; Srijib Chatterjee: Calcutta, India, 1983.

Chatterjee, S. K.; Hague, R. V. *Fingerprints or Dactyloscopy and Ridgeoscopy*; Srijib Chatterjee: Calcutta, India, 1988.

Clark, J. D. ACE-V: Is it Scientifically Reliable and Accurate? *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (4), 401–408.

Clements, W. W. *The Study of Latent Fingerprints*; Charles C Thomas: Springfield, IL, 1987.

Cook, T. A Wise Decision. *Finger Print and Ident. Mag.* 1974, 2.

Cowger, J. F. Moving Towards Professionalization of Latent Print Examiners. *J. Forensic Sci.* 1979, 24 (3), 591–595.

Cummins, H.; Midlo, C. *Finger Prints, Palms and Soles: An Introduction to Dermatoglyphics*, 3rd ed.; Research: South Berlin, MA, 1976.

Davis, J. E. Pressure Distortion in Latent Prints. *Finger Print and Ident. Mag.* 1946, 3–5.

Davis, J. E. Further Thoughts on Fingerprint Comparisons. *Finger Print and Ident. Mag.* 1955.

Deutscher, D.; Leonoff, H. *Identification Evidence*; Carswell: Toronto, 1991.



- Dillon, D. J. The Identification of Impressions of Nonfriction-Ridge-Bearing Skin. *J. Forensic Sci.* 1963, 8 (4), 576–582.
- Dondero, J. *Comparing Finger Prints for Positive Identification*; Faurot, Inc: New York, 1944.
- Enklaar, F. Principles and Problems in the Process of Identification. *Ident. News* 1964, 14 (8), 4–10.
- Galton, F. *Finger Prints*; MacMillan: New York, 1892.
- Galton, F. *Decipherment of Blurred Finger Prints*; MacMillan: London, 1893.
- Gregory, R. L. *Eye and Brain, The Psychology of Seeing*; McGraw-Hill: New York, 1981.
- Gribben, A. A. Fingerprint Testimony in Court. *The Literary Dig.* 1919.
- Grieve, D. L. The Identification Process: Traditions in Training. *J. Forensic Ident.* 1990, 40 (4), 195–213.
- Grieve, D. L. The Identification Process: The Quest for Quality. *J. Forensic Ident.* 1990, 40 (3), 109–113.
- Grieve, D. L. Decision: Responsibility or License. *J. Forensic Ident.* 1993, 43 (6), 559–562.
- Grieve, D. L. Faults, Faults, and Forensic Fundamentals. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (4), 353–356.
- Grieve, D. L. Eliminate the Impossible. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (3), 245–250.
- Grieve, D. L. Long Road to Deadwood. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (4), 347–372.
- Grieve, D. L. Rarely Pure, and Never Simple. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (3), 245–249.
- Gupta, S. R. Statistical Survey of Ridge Characteristics. *Int. Criminal Police Rev.* 1968, 218 (130).
- Halle, L. *Out of Chaos*; Houghton Mifflin Co.: Boston, 1977.
- Hazen, R. J.; Phillips, C. E. *The Expert Fingerprint Witness*; Federal Bureau of Investigation, U.S. Department of Justice, U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 1981.
- Henry, E. R. *Classification and Uses of Fingerprints*, 1st ed.; Routledge & Sons: London, 1900.
- Hepburn, D. The Papillary Ridges on the Hands and Feet of Monkeys and Men. *The Scientific Transactions of the Royal Dublin Society* 1895, 5 (2), 525–537.
- Hough, W. Thumb Marks. *Sci. Mag.* 1886, pág 166.
- Huberman, M. J. Anatomy of a Problem: Proving the Identity of Fingerprints in Limiting Situations. *The Advocate* 1983, 41 (2).
- Jevons, W. S.; Nagel, E. *The Principles of Science—A Treatise on Logic and Scientific Method*; Dover: New York, 1958.
- Johnson, R. W. Manufactured Fingerprints. *Fingerprint Whorld* 1978, 61.
- Johnson, R. W. Fraudulent Fingerprints. *Police Product News*, 1984, pág 58.
- Jolly, J. S. Is This Enough. *Ident. News* 1986, 36 (11), 11–12.
- Kilkuchi, S. Concerning the Appearance of Linear Dots in Fingerprints. *Finger Print and Ident. Mag.*, 1977.
- Kingston, C. R. Probabilistic Analysis of Partial Fingerprint Patterns. University of California, 1964.
- Kingston, C. R.; Kirk, P. L. The Use of Statistics in Criminalistics. *J. Criminal Law and Crimin.* 1964, 55, 514–516.
- Kingston, C. R. Applications of Probability Theory in Criminalistics-II. *J. Am. Statistical Assoc.* 1965, 60 (312), 1028–1034.
- Kingston, C. R.; Kirk, P. L. Historical Development and Evaluation of the “12 Point Rule” in Fingerprint Identification. *Int. Criminal Police Rev.* 1965, 20 (186), 62–69.
- Krupowicz, T. E. Frictional Ridges, Characteristics, the Identity Factor. *Ident. News* 1986, 36 (3), 3, 6–9.
- Lanigan, R. *The Human Science of Communicology: A Phenomenology of Discourse in Foucault and Merleau-Ponty*; Duquesne University Press: Pittsburgh, 1992.
- Larkin, J.; McDermott, J.; Simon, D.; Simon, H. Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems. *Science* 1980, 208 (4450), 1335–1342.
- Lee, H. C.; Gaensslen, R. E. *Advances in Fingerprint Technology*, 2nd ed.; CRC Press: Washington, DC, 2001.

Lohnes, R. C. *Infant Footprint Identification By Flexure Creases*. Quantico, VA, 1987.

Mairs, G. T. Identification of Individuals by Means of Fingerprints, Palmprints, and Soleprints. *Scientific Monthly* 1918, 7 (4), 299–319.

Mairs, G. T. Novel Method of Print Comparison. *Finger Print Magazine*, 1948, 20–23.

Massey, S. L. Persistence of Creases of the Foot and Their Value for Forensic Identification Purposes. *J. Forensic Ident.* 2004, 54 (3), 296–315.

Moenssens, A. A. *Fingerprints and the Law*; Chilton Book Company: Philadelphia, PA, 1969.

Moenssens, A. A. Poroscopy—Identification by Pore Structure. *Finger Print and Ident. Mag.* 1970.

Moenssens, A. A. *Fingerprint Techniques*; Chilton Book Company: Philadelphia, 1971.

Moenssens, A. A. Testifying as a Fingerprint Witness. *Ident. News* 1972, 22 (8, 9), 5.

Moenssens, A. A.; Starrs, J. E.; Henderson, C. E.; Inbau, F. E. *Scientific Evidence in Civil and Criminal Cases*, 4th ed.; The Foundation Press, Inc.: Westbury, CT, 1995.

Montgomery, G. Seeing with the Brain. *Discover Mag.*, 1988.

Montgomery, R. B. Sole Prints of Newborn Babies. *Am. J. Med. Sci.* 1925, 169 (6), 830.

Montgomery, R. B. Sole Patterns—A Study of the Footprints of Two Thousand Individuals. *The Anatomical Record* 1926, 33 (2).

Morfopoulos, V. Anatomy of Evidence. *Ident. News* 1970, 20 (12), 10–11.

Myers, H. J. I. The First Complete and Authentic History of Identification in the United States. *Finger Print and Ident. Mag.* 1938, 3–31.

Myers, H. J. I. Supplemental History of Identification in the United States. *Finger Print and Ident. Mag.* 1942, 3–28.

Myers, H. J. I. A Third History of Identification in the United States. *Finger Print and Ident. Mag.* 1948.

Newell, A.; Simon, H. *Human Problem Solving*; Prentice-Hall, Inc.: Englewood, NJ, 1972.

Nielson, J. P. The Identification Process. *Ident. News* 1986, 36 (9), 5–9.

Oatess, R. Elbow Print Identification. *J. Forensic Ident.* 2000, 50 (2), 132–137.

O'Hara, C. E.; Osterburg, J. W. *An Introduction to Criminalistics*; MacMillan: New York, 1949.

Olsen Sr., R. D. *Scott's Fingerprint Mechanics*; Charles C Thomas: Springfield, IL, 1978.

Olsen Sr., R. D. Friction Ridge Characteristics and Points of Identity: An Unresolved Dichotomy of Terms. *Ident. News* 1981, 31 (11), 12–13.

Olsen Sr., R. D. Cult of the Mediocre. *Ident. News* 1982, 32 (9), 3–6.

Osterburg, J. W. An Inquiry into the Nature of Proof: The Identity of Fingerprints. *J. Forensic Sci.* 1964, 9 (4), 413–427.

Osterburg, J. W. *The Crime Laboratory*; Indiana University Press: Bloomington, 1968.

Osterburg, J. W. Fingerprint Probability Calculations Based on the Number of Individual Characteristics Present. *Ident. News* 1974, 24 (10), 3–9.

Osterburg, J. W.; Parthasarathy, T.; Raghaven, T. E. S.; Sclove, S. L. Development of a Mathematical Formula for the Calculation of Fingerprint Probabilities Based on Individual Characteristics. *J. Am. Statistical Assoc.* 1977, 72 (360), 772–778.

Padney, S. N. Muzzle Printometry in Bovines. *Indian J. Animal Sci.* 1979, 49 (12), 1038–1042.

Padney, S. N. Note on Muzzle Printometry for Determining Age of Cattle. *Indian J. Animal Sci.* 1982, 52 (11), 1102–1104.

Padney, S. N. Note on the Ridges of Cattle Muzzle Prints. *Indian J. Animal Sci.* 1982, 52 (11), 1104–1107.

Peirce, C. S. How to Make Our Ideas Clear. *Popular Sci. Monthly* 1878, 12 (January), 286–302.

Peirce, C. S. Deduction, Induction, and Hypothesis. *Popular Sci. Monthly* 1878, 13 (June), 470–482.



- Peirce, C. S. *Selected Writings (Values in a Universe of Chance)*; Dover: New York, 1958.
- Plater, D. Suspicion of Foolproof Fingerprints. *The Fire and Arson Investigator* 1985, 36 (1), 29–30.
- Putter, P. J. Nose Prints on Cattle. *Fingerprint Whorld* 1981, 6 (24), 90–91.
- Putter, P. J. An Investigation to Ascertain Whether Muzzleprints of Cattle Can Be Individualized by Applying the Same Techniques as Those Used in Dactyloscopy. *Fingerprint Whorld* 1982, 6 (27), 55–59.
- Santamaria, F. A New Method for Evaluating Ridge Characteristics. *Finger Print and Ident. Mag.* 1955, 36 (11), 3–6.
- Schmidt, S. Non-Logical Processes in Science and Elsewhere. *Analog* 1981, 51 (February), 5–11.
- Seymour, L. *Fingerprint Classification*; Private: Los Angeles, 1912.
- Solis, J. A.; Maala, C. P. Muzzle Printing as a Method for Identification of Cattle and Carabaos. *Philippine J. Veterinary Med.* 1975, 14 (1), 7.
- Sorrentino, U. Identity of Digital Prints. *Finger Print and Ident. Mag.* 1960, 3–5.
- Steinwender, E. Dactyloscopic Identification. *Finger Print and Ident. Mag.*, 1960.
- Taylor, R. A. Flexure Creases—Alternative Method for Infant Footprint Identification. *Ident. News* 1979, 29 (9), 12–14.
- Thompson, D. W. *On Growth and Form*; Dover: New York, 1992.
- Thornton, J. I. The One-Dissimilarity Doctrine in Fingerprint Identification. *Int. Criminal Police Rev.* 1977, 306 (March), 89.
- Tiller, C. D. Identification of Fingerprints—How Many Points Are Required? *RCMP Gazette*.
- Tiller, C. D. That's Him But. *Ident. Newsletter* 1979, 2 (4).
- Tiller, C. D. Are You a Professional? *Ident. Newsletter* 1980, 3 (4).
- Tiller, C. D. Identification by Fingerprints—The Real Anatomy. *Advocate* 1983, 41 (4).
- Triplett, M.; Cooney, L. The Etiology of ACE-V and its Proper Use: An Exploration of the Relationship Between ACE-V and the Scientific Method of Hypothesis Testing. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (3), 345–355.
- Tsuchihashi, Y. Studies on Personal Identification by Means of Lip Prints. *Forensic Sci.* 1974, 3 (3), 233–248.
- Tuthill, H. Analysis, Comparison, Evaluation: The Philosophy and Principles of Identification. *Ontario Police College* 1987, (July), 2.
- Vanderkolk, J. R. Ridgeology—Animal Muzzle Prints and Human Fingerprints. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (4), 274–284.
- Vanderkolk, J. R. Correction: Ridgeology—Animal Muzzle Prints and Human Fingerprints. *J. Forensic Ident.* 1991, 41 (5), 317.
- Vanderkolk, J. R. Forensic Science, Psychology and Philosophy. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (3), 252–253.
- Wertheim, P. A. Explaining Fingerprints to the Layman. *Bulletin of the Oklahoma Division IAI* 1987 (April).
- Wertheim, P. A. The Ability Equation. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (2), 149–159.
- Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; The Gorham Press: Boston, 1918.
- Wilton, G. *Fingerprints*; Wm Hodge: London, 1938.
- Ziman, J. *The Force of Knowledge; The Scientific Dimension of Society*; Cambridge University Press: New York, 1976.

CAPÍTULO



DOCUMENTACIÓN DE IMPRESIONES DE CRESTAS DE FRICCIÓN: DE LA ESCENA A LA CONCLUSIÓN

ALICE V. MACEO

CONTENIDOS

3 10.1 Introducción

5 10.2 Documentación de
Custodia Primaria

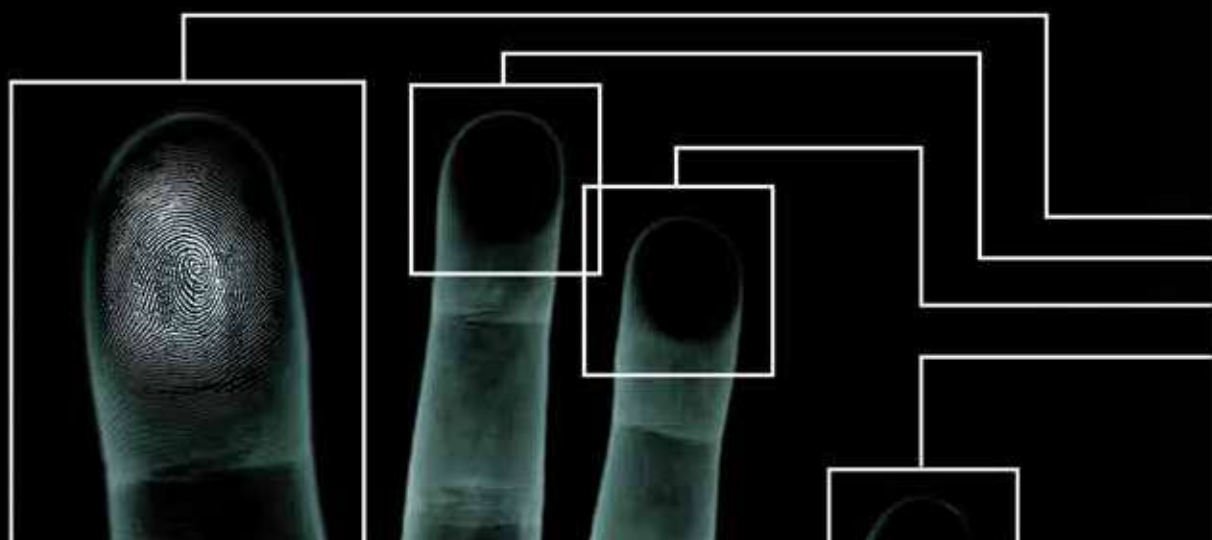
18 10.3 Documentación de
Custodia Secundaria

19 10.4 Documentación de
Custodia Terciaria

19 10.5 Conclusión

21 10.6 Revisores

21 10.7 Referencias





CAPÍTULO 10

DOCUMENTACIÓN DE IMPRESIONES DE CRESTAS DE FRICCIÓN: DE LA ESCENA A LA CONCLUSIÓN

ALICE V. MACEO

10.1 Introducción

El objetivo de la documentación, independientemente de la jurisdicción o incluso la materia, es la transparencia de la información. Actividades, datos, métodos, normas y resultados están documentados para proporcionar al recolector de la información con una historia detallada que no se basa en la memoria y permite a otra persona revisar la información.

10.1.1 Laboratorios Analíticos y Experimentales

En la ciencia, la documentación es crucial para evaluar resultados y para poner a prueba la validez de la investigación experimental. Los laboratorios operan en dos planos: (1) el uso de los métodos establecidos en virtud de los procedimientos normalizados de trabajo para responder a las preguntas de rutina o (2) el uso de la experimentación para desarrollar nuevos métodos para responder a nuevas preguntas. Un ejemplo del primer laboratorio sería un laboratorio de análisis que pone a prueba rutinariamente muestras de agua para probar la concentración de oxígeno disuelto. Este laboratorio utiliza métodos y procedimientos establecidos para cada muestra y reporta los resultados. Un ejemplo del segundo tipo de laboratorio sería un laboratorio de investigación que desarrolla un nuevo método, más eficiente para probar la concentración de oxígeno disuelto. Este nuevo método, una vez validado puede ser implementado por el laboratorio de análisis.

Dependiendo del tipo de laboratorio, análisis o de investigación, el nivel de la documentación puede variar. Los laboratorios analíticos tienen típicamente una colección de referencia de los métodos y procedimientos. La documentación de centros de análisis alrededor de las actividades e información asociados con cada muestra: origen de la muestra, preservación de la muestra, cadena de custodia de la muestra, controles y resultados de análisis.

Los laboratorios de investigación, sin embargo, deben documentar las bases y el desarrollo del método. Este nivel de documentación incluirá cómo se derivó el método, la hipótesis teórica predecirá la viabilidad del método, los datos utilizados para probar el método, los resultados de las pruebas y la evaluación de la hipótesis teórica con los resultados de la prueba. Si los resultados de rigurosas pruebas apoyan la hipótesis teórica, entonces ha surgido un nuevo método. El método debe ser publicado y validado antes de que un laboratorio de análisis lo adopte.

10.1.2 Laboratorios Forenses

La mayoría de la ciencia forense opera en el plano analítico. Los métodos y procedimientos establecidos se detallan en los manuales técnicos u operativos. Los analistas son responsables de documentar las actividades, métodos y resultados de sus exámenes en el expediente del caso. Porque cualquier cosa puede convertirse potencialmente en evidencia, la ciencia forense debe de vez en cuando entrar en el ámbito de la investigación para poner a prueba nuevos procedimientos. La experimentación debe seguir las prácticas aceptadas de investigación científica y demostrar la fiabilidad antes de su implementación.

El examen de las impresiones de crestas de fricción sigue el modelo de análisis de ACE-V, la comparación, evaluación y verificación y cae en la categoría analítica. Huellas latentes son examinadas siguiendo un método establecido se indica en los manuales técnicos u operativos para el laboratorio. Las actividades y los datos están documentados en el expediente del caso. A diferencia de otros procesos de análisis, el examen de las impresiones de crestas de fricción no es destructiva y las muestras (huellas latentes y ejemplos) no se consumen. Las muestras originales se pueden mantener en el expediente del caso, lo que permite re examinarlas. Si no se pueden conservar las muestras originales, reproducciones con calidad de examen o copias legibles de las muestras se pueden mantener.

El desarrollo, recuperación y examen de las impresiones de crestas de fricción deben seguir los métodos aceptados en los manuales técnicos y operativos del laboratorio. La documentación debe permitir la transparencia de todas las actividades y los datos generados deben ser compatibles con las conclusiones contenidas, y debe contener suficiente detalle, “de tal manera que, en ausencia del examinador (s), otro examinador o supervisor competente podría evaluar lo realizado e interpretar la información” (ASCLD / LAB, 2005, pág. 32).

10.1.3 Niveles de Documentación

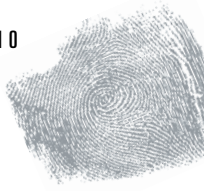
Las fuerzas del orden han adoptado muchos protocolos administrativos para la recuperación y el examen de las impresiones de crestas de fricción. En algunas dependencias, una persona responde al lugar de los hechos, procesa toda la evidencia para buscar impresiones latentes, así como patentes, y examina las impresiones. En otras dependencias, una persona responde al lugar de los hechos y recoge elementos de prueba, otra persona procesa la evidencia de huellas latentes, una tercera persona fotografía las huellas latentes, y una persona final examina las huellas latentes.

Para facilitar la explicación, la documentación se abordará desde tres puntos de partida diferentes. Estos puntos de partida serán referidos de una manera que refleja generalmente cuando el examinador en huellas latentes (LPE) entra en la cadena de custodia: custodia primaria, secundaria y terciaria.

Custodia primaria. Custodia primaria se refiere a la situación en la que un examinador en huellas latentes mantiene la custodia de las pruebas de impresión latente desde su descubrimiento a través de su examen. En esta situación, el examinador en huellas latentes responde a un lugar de los hechos, recupera huellas latentes de la escena y transporta elementos de prueba al laboratorio para el revelado de la impresión latente y su recuperación. El examinador en huellas latentes es el primer eslabón de la cadena de custodia de todas las huellas latentes generadas en el caso.

Custodia secundaria. Custodia secundaria se refiere a la situación en la que un examinador en huellas latentes recibe elementos de prueba asegurados por otra persona, tales como un analista de la escena del crimen, que respondieron al lugar de los hechos. El examinador revela y recupera las huellas latentes de las pruebas recogidas y aseguradas por otra persona. El examinador comienza la cadena de custodia de las huellas latentes recuperadas pero no inicia la cadena de custodia para el elemento de prueba.

Custodia terciaria. Custodia terciaria se refiere a la situación en la que un examinador recibe huellas latentes recuperadas por otra persona. Por ejemplo, un criminalista revela y recupera todas las huellas latentes asociadas con un caso y presenta las fotografías y levantamientos a un examinador para su examen. El examinador no inicia la cadena de custodia de las huellas latentes y por lo general no ve las superficies originales de las que las huellas latentes se recuperaron.



10.1.4 Documentación de Caso Completo

La documentación del caso completo de impresiones de crestas de fricción, independientemente del momento en que el examinador entra a la cadena de custodia, debe incluir la información y actividades significativas relacionadas con las impresiones. La documentación de caso completo debe incluir:

- Información que une las huellas latentes a la superficie o elemento apropiado de la evidencia relacionada con el lugar de los hechos.
- Condición del artículo o de la superficie procesada para impresiones latentes (por ejemplo, la cornisa estaba llena de polvo, la barra de hierro estaba oxidada).
- Técnicas de desarrollo y recuperación que se utilizan para visualizar las huellas latentes.
- Los controles de calidad utilizados durante el revelado de las huellas latentes.
- La cadena de custodia de los elementos de prueba.
- La cadena de custodia de las huellas latentes.
- Información referenciada a los ejemplares utilizados para la comparación.
- Búsquedas de bases de datos en el Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares (AFIS).
- Conclusiones del examen de cada huella latente.
- Conclusiones verificadas.
- Disposición de evidencia (artículos de evidencia y huellas latentes).

Si más de una persona está involucrada en la recuperación y análisis de las huellas latentes (por ejemplo, un criminalista y un examinador), su documentación combinada debe detallar la historia de la huella latente desde su descubrimiento hasta las conclusiones entregadas a partir del examen.

Los diferentes organismos tienen diferentes criterios para la documentación. Por ejemplo, algunas dependencias exigen que se tomen las fotografías de calidad del examen de todas las huellas latentes reveladas con polvos antes de su levantamiento, mientras que otros no lo hacen. Incluso dentro de una dependencia, la norma puede variar en función de las circunstancias, por ejemplo, con el tipo de delito. Además, la manera en que la documentación reside

en el expediente del caso varía entre los organismos.

Algunas dependencias utilizan las tarjetas o fotografías de levantamiento originales como parte del expediente del caso y ponen toda la documentación relacionada con las huellas latentes en las tarjetas de levantamiento o fotografías. Algunas dependencias utilizan hojas de trabajo o formas y sólo pueden conservar copias legibles de las huellas latentes y huellas conocidas en el expediente del caso porque las cartas y fotografías de levantamiento originales deben ser devueltas a una dependencia de sometimiento.

El propósito de este capítulo no es para dirigirnos a todo criterio posible de documentación y requisito de registro de caso con base en la dependencia. La documentación apropiada para los escenarios de custodia primaria, secundaria y terciaria se abordará desde la perspectiva del examinador. El objetivo es dar información generalizada con ejemplos.

La documentación de los tres escenarios de custodia se solapará en algunas áreas. Consideraciones especiales y generalidades serán anotadas y a veces, el lector será dirigido a una sección anterior que contiene la información.

10.2 Documentación de Custodia Primaria

10.2.1 Documentación de Escena de Crimen General

La documentación de impresiones de crestas de fricción comienza en la escena del crimen. La documentación de la escena del crimen general se logra mediante una combinación de fotografías, bocetos y notas. Las notas de los casos suelen comenzar con:

- Número de caso
- Dirección del lugar de los hechos
- Nombre de la víctima
- Las fechas y horas en que el Experto en Huellas Latentes (EHL) llegó y se fue de la escena
- Nombre del examinador

El examinador debe documentar la información pertinente con respecto al crimen desde el primer nivel de respuesta. Esta información inicial guiará al EHL a las áreas o elementos en la escena que pueden tener pruebas de impresión latente.

FIGURA 10-1

Fotografía documenta la ubicación general de las pruebas.

**FIGURA 10-2**

Fotografía documenta la orientación de las pruebas.



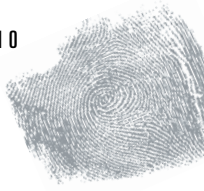
Cada página de las notas del lugar de los hechos debe contener el número de caso, número de página, el total de número de páginas (por ejemplo, 2/3 ó 2 de 3) y las iniciales del EHL.

10.2.2 Recolección de Artículos de Evidencia

La documentación debe indicar donde se encontraron los elementos de prueba en la escena y la condición de las pruebas antes de la recolección. Por ejemplo, si la víctima fue atacada con un cuchillo y un cuchillo ensangrentado (que potencialmente tenga huellas latentes) se encontró en un pasillo, el cuchillo debe ser documentado en su ubicación original, la orientación y condición. La documentación puede incluir bocetos, medidas y fotografías del cuchillo, que muestren la ubicación general (Figura 10-1), orientación (Figura 10-2) y la condición (Figura 10-3). Se recomienda que un marcador de evidencia se incluya con

el número de caso y número de artículo en la orientación y la condición de las fotografías. Después de la documentación, el artículo puede ser recuperado y preservado para un análisis adicional en el laboratorio.

Los productos recuperados de la escena se pueden colocar en un contenedor de almacenamiento temporal para el transporte. El recipiente de almacenamiento temporal debe tener una etiqueta, ya sea en el envase o en el interior del recipiente, que contenga el número de caso, número de artículo, y la fecha y hora de recolección. El EHL debe tener algún método para asegurar que todas las pruebas tomadas de la escena estén protegidas contra pérdida o deterioro. El empaquetado, sellado y etiquetado típicamente ocurren después de que las pruebas han sido examinadas por el EHL en el laboratorio o antes de su presentación al resto del personal (por ejemplo, una sección de control de evidencia para ingresar en un sistema de seguimiento de pruebas electrónicas).

**FIGURA 10-3**

Fotografía documenta la condición de las pruebas.

**FIGURA 10-4**

Fotografía documenta el exterior de una puerta del patio.

10.2.3 Revelado de Impresión Latente y Recuperación en la Escena

Las huellas latentes que son de valor suficiente para la recuperación deben estar documentadas. Cuando se procesa una escena del crimen o un elemento de evidencia, puede ser difícil determinar si la huella latente contiene suficiente calidad y cantidad de detalle (es decir, de valor) para la comparación. El EHL, por lo general, no puede realizar un análisis crítico hasta que se examinen las fotografías y levantadores en el entorno apropiado del laboratorio. Las huellas latentes que son de valor suficiente pueden posteriormente ser consideradas insuficientes para la comparación. Esto es de esperarse en un enfoque conservador que garantiza que todas las pruebas posibles se conserven.

10.2.3.1 Documentación de la superficie antes del procesamiento.

Si no se ha anotado en la documentación de la escena del crimen en general (fotos, dibujos o notas), el examinador debe documentar las áreas de la escena que deben ser procesadas para las huellas latentes, antes de

aplicar las técnicas de revelado de impresión latentes. Por ejemplo, si una puerta del patio era el punto de entrada, su orientación y condición original (por ejemplo, abierta, cerrada, dañada, con mucho polvo) debe documentarse. La Figura 10-4 muestra la documentación fotográfica del exterior de una puerta del patio.

10.2.3.2 Designación y etiquetado de huellas latentes en la superficie.

Hay muchas maneras administrativas para designar las huellas latentes sobre una superficie o artículo. La clave es asegurarse de que el EHL puede reconstruir la ubicación y orientación de las huellas latentes recuperadas. Además de hacer referencia a la superficie o elemento de la que se recuperó la huella latente, la ubicación y la orientación de una huella latente pueden proporcionar la siguiente información valiosa:

- (1) La forma en que se tocó una superficie o artículo.
- (2) Una explicación de cualquier distorsión en la huella latente.

FIGURA 10-5

Locación de impresión patente L1.



- (3) La fuente anatómica de la huella latente (por ejemplo, qué área de la mano tocó la superficie).

Un método de designación es elegir una numeración o sistema de letras secuencial (por ejemplo, L1, L2, L3, etc.). Los apuntes, bocetos, fotografías y levantadores hacen referencia a cada impresión latente por su designación. A menudo, hay varias huellas latentes en una pequeña zona que se fotografían o levantan juntas. En estos casos, quien designa puede referirse en realidad a dos o más huellas latentes.

Dependiendo de la política de la dependencia, si hay más de una huella latente adecuada en un levantador o una fotografía, cada huella latente adecuada puede atribuirse a un sub indicador. Por ejemplo, si L2 tiene tres impresiones, pueden ser designados como A, B, y C. L2A haría referencia a la impresión A en la fotografía (o levantador) L2.

El examinador puede optar por etiquetar las huellas latentes en la superficie como parte de la documentación fotográfica. Etiquetar huellas latentes se puede lograr de dos maneras: marcado directamente sobre la superficie o el uso de una etiqueta. La naturaleza de la superficie o la política de la dependencia pueden dictar cómo las impresiones latentes son etiquetadas.

10.2.3.3 Impresiones patentes. El EHL debe examinar primero las superficies en la escena para impresiones visibles (huellas de patentes). Las superficies que fueron examinadas y los resultados del examen deben documentarse. Volviendo a la puerta del patio en la Figura 10-4, si no hay impresiones de valor suficiente para la recuperación, debe tomarse en cuenta (por ejemplo, la “inspección visual: no se observaron huellas de patentes de valor en el interior o exterior de la puerta del patio”). Si no hubiera im-

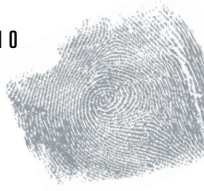
presiones, cabe señalar (por ejemplo, la “inspección visual: no hay huellas de patentes visibles en el interior o exterior de la puerta del patio”).

10.2.3.4 Ubicación y orientación de impresiones patentes. Si hay huellas patentes de valor suficiente para la recuperación, deben asignarse designadores, y su ubicación y orientación deben ser documentadas a través de la fotografía, dibujos o notas. Una nota de la muestra puede decir, “inspección visual: L1 en el vidrio exterior de la puerta del patio”. Una fotografía de localización que contiene una etiqueta (Figura 10-5) es un método eficaz para documentar la ubicación de la impresión de la patente.

10.2.3.5 Las fotografías calidad de examen. Debido a que las impresiones patentes deben ser recuperadas a través de la fotografía, es imprescindible poder establecer las dimensiones o la escala para las fotografías. Normalmente, esto se logra mediante la inclusión de una escala en la fotografía. Las notas deben reflejar que se tomaron fotografías de calidad de examen e incluirá el designador de cada impresión fotografiada.

10.2.3.6 Técnicas de revelado. El EHL debe documentar qué superficies se procesaron, qué técnica (s) se aplicó y los resultados. Por ejemplo, las notas pueden reflejar, “cubierta de la cocina se procesó con el polvo negro; hay huellas latentes de valor reveladas”.

Volviendo a la puerta del patio en la Figura 10-4, si el examinador decide utilizar polvo para procesar la puerta, sus notas deben reflejar los resultados del procesamiento y mostrar al designador de cualquier huella latente fotografiada o levantada. El EHL puede utilizar una combinación de notas, bocetos y fotografías para documentar la ubicación y orientación de las huellas latentes designadas. El EHL puede anotar, “puerta

**FIGURA 10-6**

Ubicación de huellas latentes reveladas L1, L2 y L3.

**FIGURA 10-7**

Ubicación de huella latente revelada L3.

de patio procesada con polvo negro: L1 revelo aún más; L2 revelo en el exterior del vidrio; L3 revelo en la perilla de la puerta exterior". El EHL debe tener en cuenta si se tomaron las imágenes de calidad de examen y si se hicieron los levantamientos; por ejemplo, "L1, L2 y L3 fotografiados y se levantaron después del revelado con el polvo negro". Las Figuras 10-6 y 10-7 muestran la documentación fotográfica de la ubicación de las huellas latentes reveladas.

Para cada técnica de procesamiento aplicado en el lugar, la documentación deberá incluir:

- La técnica de revelado que se aplicó.
- Las superficies o elementos a los que se les aplicó la técnica.
- Una indicación de si hay o no huellas latentes, no hay huellas latentes de valor, o impresiones latentes de valor se revelaron.

- La ubicación y orientación de las huellas latentes reveladas.
- Método de recuperación.

10.2.4 Marcado de Fotografías y Levantamientos

Las fotografías y los levantamientos recuperados de la escena deben estar marcados de una manera que refleje el origen del levantamiento de la huella latente o una fotografía. El levantamiento o fotografía debe incluir:

- Numero de caso.
- Fecha en la que se recuperó.
- Dirección de la investigación.
- Superficie u objeto del cual se obtuvo la huella latente.
- Nombre o marca única del EHL (por ejemplo, iniciales).

- Técnica de revelado (si es fotografía).
- El designador de latente.

La Figura 10-8 es un ejemplo de una tarjeta de levantamiento de latente que contiene la información recomendada. La designación “arriba” indica la orientación de las huellas latentes a la superficie.

10.2.5 Ejemplares Preparados por el Examinador de Huellas Latentes

A veces es necesario para el examinador preparar impresiones conocidas de ciertos individuos conectados a la escena, por lo general las víctimas o testigos. Independientemente de cómo se registran los ejemplares, éstos han de tener:

- Nombre del donante.
- Un identificador para el donante (por ejemplo, fecha de nacimiento).

- La firma del donante.
- El área de la piel crestas de fricción registrada (por ejemplo, la mano izquierda, la mano derecha, o el nombre de dedo o número).
- El número de caso, la fecha y el nombre (y la firma o iniciales) del EHL.

Al finalizar el caso, el EHL puede retener los ejemplares en el expediente del caso. La Figura 10-9 es un ejemplo de huellas conocidas tomadas de la mano izquierda de la víctima en la escena.

10.2.6 Revelado de Huellas Latentes en Objetos de Evidencia

Al finalizar la respuesta al lugar de los hechos a menudo se da paso al procesamiento de impresión latente de artículos críticos de evidencia en el laboratorio. El EHL debe

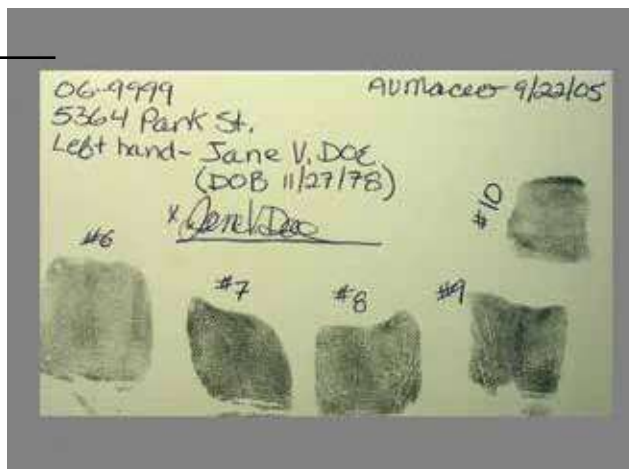
FIGURA 10-8

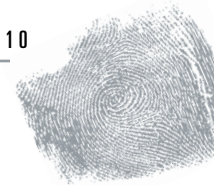
Tarjeta de levantamiento con anotaciones.



FIGURA 10-9

Documentación de huellas conocidas en la escena.



**FIGURA 10-10***Locación y orientación de L4.*

ser consciente de la presencia de otros tipos de pruebas, como el ADN, rastros de evidencia forense, o escritura con sangre en un artículo. En algunos laboratorios, el EHL es responsable de la documentación y recopilación de las pruebas adicionales antes de la elaboración de la impresión latente. En otros laboratorios, el EHL puede coordinar con los analistas de otras secciones para documentar y recoger las pruebas adicionales. En cualquier caso, el EHL debe tener en cuenta quien evaluó el artículo, si se recogieron muestras y la disposición de las muestras recogidas

10.2.6.1 Notas generales. Muchas dependencias usan hojas de trabajo o notas de forma libre para documentar las actividades y observaciones de revelado de impresiones latentes por el EHL. La fecha (s) de las actividades debe ser registrada y cada página de las notas debe contener el número de caso, número de páginas, el número total de páginas y las iniciales del EHL. Las notas de procesamiento de impresiones latentes generadas en el laboratorio pueden ser una continuación de las notas que se iniciaron en la escena del crimen o puede ser un conjunto separado de notas. La separación de las notas depende de si la dependencia entregue informes de la respuesta al lugar de los hechos en un informe separado del que hace para el desarrollo de la impresión latente y el examen en el laboratorio.

10.2.6.2 Descripción y condición de la evidencia. Las notas normalmente comienzan con el número de artículo y la descripción de las evidencias (*por ejemplo, "Tema 1: cuchillo de cocina JP Schmenckels International"*). Los elementos que tienen números de serie, tales como armas de fuego, deben contener el número de serie en la descripción.

El EHL debe indicar la condición del artículo. La condición puede incluir si una superficie es lisa o texturizada y si el artículo está polvoriento, oxidado, o contiene cualquier residuo.

10.2.6.3 Las observaciones iniciales. Antes de utilizar cualquiera de las técnicas de revelado, el objeto debe ser

examinado cuidadosamente para detectar la presencia de cualquier impresión patente. Si no hay impresiones de valor observado durante las observaciones iniciales, las notas deben reflejar que no se observaron huellas patentes o hay huellas patentes de valor.

Si las impresiones patentes de valor están presentes, su ubicación y orientación sobre el objeto se deben documentar (a través de notas, bocetos o fotografías) y una fotografía de calidad examen se debe tomar. Una vez más, el EHL debe establecer la escala para las fotografías de calidad examen.

10.2.6.4 Revelado de la impresión latente y recuperación.

Una vez que las observaciones iniciales están completas, el EHL debe seleccionar y determinar la secuencia de técnicas de revelado apropiadas para el elemento. Las notas deben reflejar las técnicas utilizadas y las observaciones del EHL después de cada técnica. En algunos laboratorios, el EHL también puede necesitar documentar los números de lote de los productos químicos utilizados y los resultados de cualquier control tratadas al mismo tiempo que la evidencia.

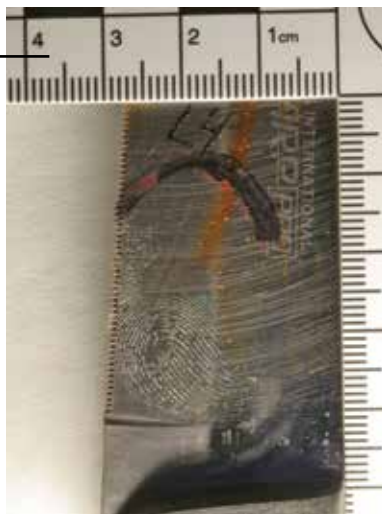
El artículo 1, se mencionó anteriormente que el cuchillo fue recuperado del lugar de los hechos y fue procesado con cianoacrilato (CA) y una mancha tinte fluorescente (RAM). La Figura 10-10 es documentación fotográfica de la ubicación y orientación de la impresión latente L4 revelada en el cuchillo después del procesamiento CA. La Figura 10-11 es una fotografía de la calidad del examen del L4 después del procesamiento CA. La Figura 10-12 es una fotografía de calidad examen del L4 después del procesamiento RAM. Las notas para Punto 1 pueden incluir los siguientes:

Artículo 1: cuchillo de cocina JP Schmenckels International

Visual: Posible sangre en la hoja del cuchillo; muestra de sangre del lado derecho de la hoja obtenida y

FIGURA 10-11

Fotografía con calidad de examen de L4 después de procesamiento de CA.

**FIGURA 10-12**

Fotografía de calidad de examen del L4 después del procesamiento RAM.



retenida por el analista de ADN, Watson. El mango tiene una superficie ligeramente rugosa.

No hay huellas patentes de valor visibles en la hoja; no hay huellas visibles en el mango de patentes.

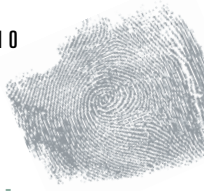
CA: La foto L4 en el lado izquierdo de la hoja cerca de mango; no hay huellas latentes de valor reveladas en el mango.

RAM: Re-foto L4; no hay huellas latentes adicionales de valor reveladas en la hoja; no hay huellas latentes de valor reveladas en el mango.

10.2.6.5 Marcado de elementos de evidencia. Una vez que el procesamiento de los artículos recogidos del lugar de los hechos se haya completado, cada una de las evidencias debe ser marcada para la identificación antes del envasado y sellado final (ASCLD / LAB, 2005, pág. 20). El EHL puede es-

cribir el número de caso y número de artículo directamente en el artículo para servir como un identificador único. El cuchillo en la Figura 10-10 podría ser marcado "06-9.999/1", indicando el número de caso 06-9999 y el número del artículo 1. La forma en que la evidencia está marcada debe ser detallada en el manual técnico o de procedimiento de la dependencia del EHL.

Si el artículo es demasiado pequeño o el escribir directamente en el artículo va a alterar o destruir cualquier valor probatorio, el artículo puede ser colocado dentro de un recipiente. El recipiente debe entonces estar marcado con el identificador único (ASCLD / LAB, 2005, pág. 21). Por ejemplo, si un casquillo de bala fue tomado de la escena, la carcasa podría ser colocada en un sobre marcado con un identificador único (por ejemplo, número de caso y número de artículo). El casquillo, en el interior del sobre marcado, entonces puede ir a embalaje y sellado final.



10.2.6.6 Disposición de la evidencia. Una vez que las pruebas hayan sido correctamente embaladas y selladas, el EHL debe documentar su disposición final. El EHL debe documentar la fecha en que la evidencia fue liberada y a quién o dónde se liberó la evidencia. Para algunos organismos, la evidencia se coloca en almacenamiento a largo plazo por el EHL. Para algunas dependencias, el EHL libera la evidencia a otros agentes encargados de almacenar la evidencia.

10.2.6.7 Marcado de fotografías y levantamientos. Si las huellas latentes se recuperaron de pruebas procesadas en el laboratorio por el EHL, las fotografías y los levantamientos deben contener la misma información que los recuperados de la escena del crimen:

- Numero de caso.
- Fecha de recuperación.
- Dirección de la escena (ésta puede ser omitida debido a que la dirección es el laboratorio).
- La superficie o elemento de la que se obtuvo la huella latente.
- Nombre y marca distintiva del EHL.
- Técnica de revelado (en caso de ser una fotografía).
- El designador latente.

La Figura 10-13 es un ejemplo de una fotografía marcada.

10.2.7 Examen de Impresiones de Crestas de Fricción

10.2.7.1 Notas generales. Después de que todas las huellas latentes asociadas con un caso han sido debidamente etiquetadas, el examinador entra en la fase de examen: análisis, comparación, evaluación y verificación (ACE-V) de las huellas latentes. El nivel de documentación puede variar entre los organismos; Sin embargo, la clave es asegurarse de que el EHL indica:

- Qué huellas latentes son adecuadas para la comparación.
- La fuente de las impresiones conocidas para ser comparadas.
- Los resultados de las comparaciones.
- Quién verifico cualquier conclusión.

10.2.7.2 Elementos de análisis. Los elementos que se deben considerar en el análisis de las impresiones de crestas de fricción deben ser detallados en el manual técnico u operacional para el laboratorio. Los elementos del análisis deben incluir (SWGFAST, 2002, pág. 2-3):

- La existencia y la claridad de detalle del nivel uno, nivel dos y el nivel de tres.
- La posible fuente anatómica.
- Los factores que influyen en la claridad de las impresiones.

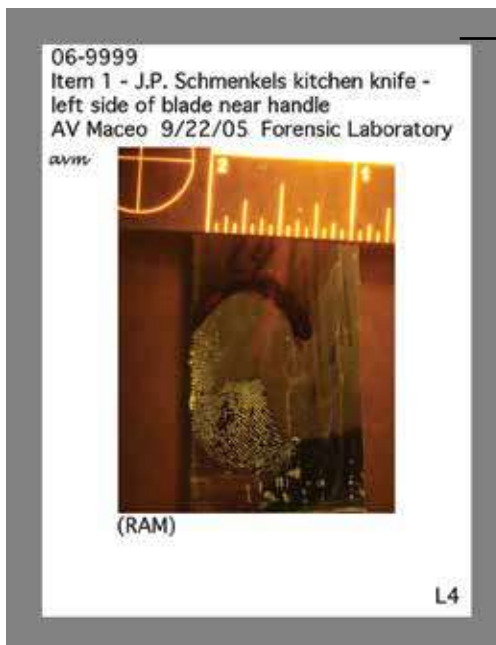
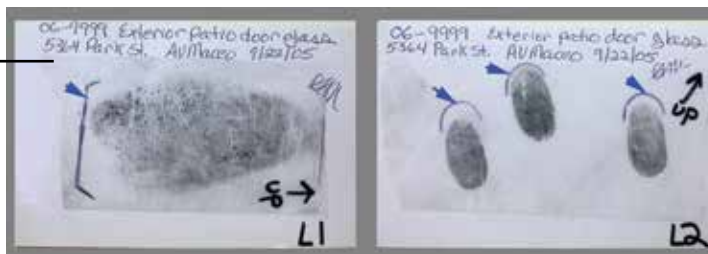


FIGURA 10-13

Fotografía etiquetada de L4.

FIGURA 10-14

Notas de análisis documentadas en las tarjetas de levantamiento L1 y L2. Flechas azules apuntan a los símbolos de análisis.



La calidad del nivel uno, nivel de dos y el nivel de tres de detalle está influenciada por los siguientes factores: distorsión de presión, presión de deposición, medio de revelado, matriz y sustrato (Ashbaugh, 1999, pág. 109).

Documentación mínima del análisis. La documentación de análisis puede ser mínima, el uso de símbolos para marcar directamente las tarjetas de levantamiento y fotografías. Esto es particularmente eficaz cuando los levantadores o fotografías originales son parte del expediente del caso. Si se utilizan símbolos para documentar el análisis, el uso adecuado y el significado de los símbolos deben ser detallados en el manual técnico u operativo. La Figura 10-14 es un ejemplo de notas de análisis documentados directamente sobre tarjetas de levantamiento L1 y L2; las flechas azules apuntan a los símbolos de análisis utilizados por el EHL.

Si el L1 y L2 son parte del expediente del caso, deben contener todos los elementos básicos del análisis. L1 y L2 son los levantadores de polvo negro (es decir, el polvo negro es el medio de revelado) e indican la ubicación de donde se recuperaron las huellas latentes (sustrato). Las huellas latentes que se consideren adecuados para la comparación están marcados con símbolos. Los símbolos indican también la fuente anatómica y orientación de cada impresión. L1 tiene un corchete para delinear la base de una impresión de palma. L2 tiene un arco sobre la parte superior de cada impresión dedo. Se entiende que el EHL considera todos los elementos de análisis y factores de calidad detallados en el manual técnico u operativo con el fin de hacer la determinación de la idoneidad para la comparación.

Si los levantamientos o fotografías originales no se conservan como parte del expediente del caso, el EHL debe ser capaz de conectar cuáles de las huellas latentes eran adecuadas para la comparación en cada levantador de latentes y fotografía. Sin las reproducciones originales o legibles de los levantadores de latentes originales y fotografías en el expediente del caso, esta conexión no sería posible. Las notas de L1 y L2 en la Figura 10-14 pueden ser las siguientes:

L1-Vidrio exterior de la puerta del patio

Análisis:

Polvo negro de levantado: Una impresión de palma adecuada para la comparación que parece ser un hipotenar izquierda, matriz normal, presión media de deposición, sin distorsión de presión discernible.

L2-Vidrio exterior de la puerta del patio

Análisis:

Polvo negro de levantado: tres impresiones dactilares adecuadas para la comparación (A, B, y C) son consistentes con simultáneo los dedos # 7, # 8, # 9,* matriz normal, presión media de la deposición, distorsión de presión causada por el movimiento hacia abajo aparente de los dedos en la superficie.

El ampliado de documentación del análisis de una impresión compleja puede incluir ampliaciones fotográficas de la impresión y notas detalladas con respecto a todos los elementos de análisis y factores de calidad. La Figura 10-15 es la imagen de una huella latente del levantamiento L2 en la Figura 10-14. La impresión latente en la Figura 10-15 se conoce como L2A (impresión latente A del levantamiento L2).

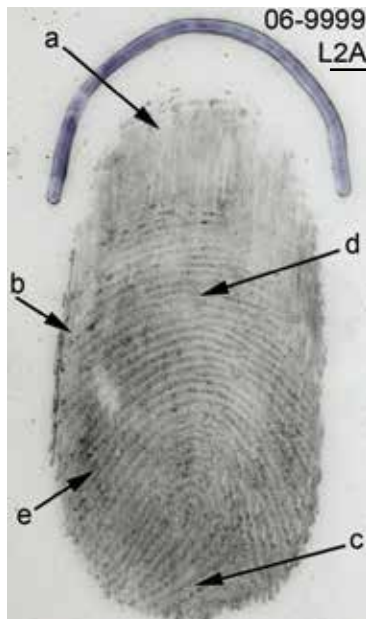
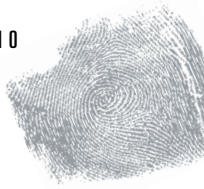
El ampliado de documentación del análisis de L2A de impresión latente en la Figura 10-15, éste puede incluir la ampliación fotográfica marcada y las siguientes notas:

L2-Vidrio exterior de la puerta del patio

Análisis:

Polvo negro de levantado: tres impresiones dactilares adecuadas para la comparación (A, B, y C) son consistentes con simultánea de los dedos # 7, # 8, # 9.

* #1 es el pulgar derecho y # 10 es el dedo meñique izquierdo.

**FIGURA 10–15**

Latent print L2A containing analysis annotations.

L2A análisis:

Sustrato: La aparición del levantamiento de latente es consistente con el vidrio de sustrato indicado de una puerta de patio.

Aspecto anatómico: Basado en impresiones adyacentes, L2A es consistente con una impresión de un dedo índice izquierdo.

Matriz: Consistente con residuo normal.

Presión de deposición: Presión media de la deposición a través de toda la impresión, posiblemente un poco más ligero hacia la punta del dedo.

Distorsión de presión: Causada por el movimiento a la baja aparente de dedos en la superficie. Los indicadores de distorsión de presión están marcados en la ampliación fotográfica como a, b, c, d, y e. El toque original del dedo se indica como "a". A medida que el dedo se deslizó por la superficie, el detalle en esta zona fue arrasado. La dirección de desplazamiento se observa en las estrías presentes en la impresión; una de esas estrías se marca "b". Otra indicación de la distorsión de presión es el cambio en el ancho del surco a través de la impresión. Los surcos son más anchos en la base de impresión "c" (también una indicación de movimiento hacia abajo). Los surcos se estrechan ligeramente hacia la parte superior de la impresión de "d" y son apenas perceptibles en el lado izquierdo de la impresión "e."

Nivel uno: Buena claridad; recuento pequeño, presilla-izquierda oblicua; aproximadamente 4 crestas de delta a núcleo.

Nivel dos: Buena claridad de trayectoria de cresta discernible a través de la mayor parte de la impresión; algunos se vuelven poco claros a lo largo de los bordes de la impresión. Las trayectorias de cresta son difíciles de seguir justo por encima del núcleo de la impresión.

Nivel tres: áreas de buena, regular y mala calidad en toda la impresión.

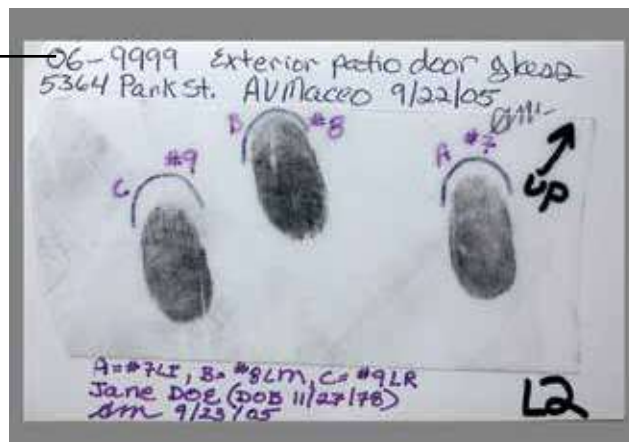
Ya sea mínimo o ampliado, el expediente debe reflejar cuáles de los levantamientos de latentes y fotografías se analizaron, quién analizó los levantamientos de latentes y fotografías, y los resultados del análisis. La cantidad de detalles en la documentación del análisis dependerá de los requisitos señalados en el manual técnico u operacional aplicable.

10.2.7.3 Comparación. La siguiente fase del examen consiste en la comparación de las impresiones de crestas de fricción desconocidas (huellas latentes o patentes) a los ejemplares. El EHL debe tener algún medio para documentar el origen de las huellas conocidas comparación y la evaluación de cada comparación. El método exacto por el que los ejemplares se documentan debe ser detallado en el manual técnico u operativo.

Como mínimo, el expediente del caso deberá indicar el nombre y un identificador para cada fuente de ejemplares en comparación. Esto a veces se anota en una lista en las notas del caso o en el sobre o paquete que contiene los levantamientos de latentes y fotografías. Por ejemplo, algunas dependencias pueden colocar todas las huellas latentes reveladas por el EHL en un sobre previamente impreso. El

FIGURE 10-16

Documentación mínima de individualizaciones anotadas en el levantamiento L2.



sobre y su contenido se consideran parte del expediente del caso. El exterior del sobre contiene la información básica caso y puede incluir una sección que muestra los nombres y los identificadores de los ejemplares en comparación. Los nombres y los identificadores de los ejemplares también se pueden incluir en las notas del caso.

Los originales o copias legibles de los ejemplares que se van a comparar deben mantenerse con el expediente del caso o estar fácilmente disponibles. Esto es particularmente crítico para los ejemplares asociados con una o más de las huellas latentes (es decir, que se utilizan para determinar una individualización). Los originales o copias legibles de los ejemplares se pueden incluir en las notas de caso o colocados en el sobre con los levantamientos de latentes y fotografías. El EHL también debe indicar en el expediente del caso si se necesitan ejemplares adicionales o mejor calidad de cualquiera de los individuos comparados.

El examinador debe documentar cuáles, si es que alguna, de las huellas latentes se buscaron a través de AFIS. La documentación debe ser suficiente para indicar:

- Cuáles de las huellas se buscaron.
- Cuáles de las bases de datos de AFIS fueron revisadas.
- La fecha (s) en que la búsqueda se realizó.
- Quién inicio la búsqueda.
- Quién evaluó los resultados.

10.2.74 Evaluación. El LPE debe documentar la conclusión de cada comparación realizada. Esta documentación puede ser mínima o muy detallada, dependiendo de los requerimientos de la dependencia.

Documentación mínima de evaluación. La documentación mínima para individualizaciones debe incluir la anotación en las notas, levantamientos o fotografías con los siguientes requisitos:

- El nombre y el identificador de la fuente de la impresión.
- La fuente anatómica (por ejemplo, cuál dedo o palma).
- El identificador (por ejemplo, las iniciales) del examinador.
- La fecha en la que se dictó la conclusión.

La Figura 10-16 es un ejemplo de documentación mínima de individualizaciones en el levantamiento L2.

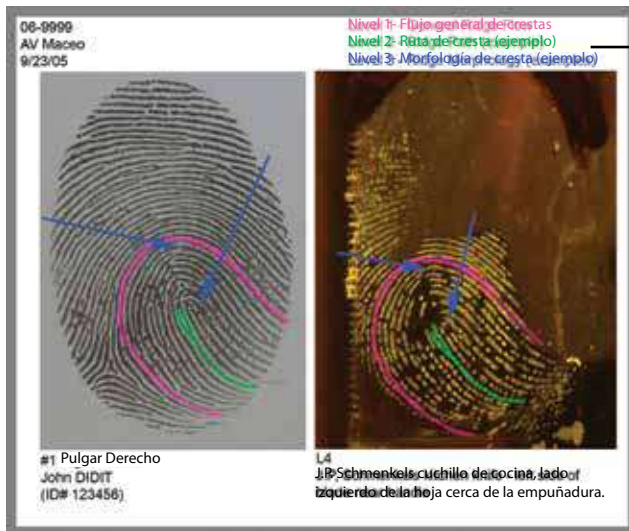
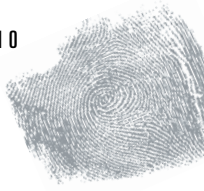
En lugar de, o además de, hacer el levantamiento o fotografía, las comparaciones pueden ser documentadas en las notas de la siguiente manera:

John Doe (ID # 123456): negativo 09/22/05.

Susana SMITH (ID # 987654): negativo 09/22/05.

Jane DOE (DOB 27/11/78): L2A = # 7 LI, L2B = # 8 LM, L2C = # 9 LR, 23.9.05.

Bajo la documentación mínima, las impresiones que se comparan, pero no se individualizan suelen documentarse de forma predeterminada sin marcas. En otras palabras, las individualizaciones son anotadas y, por defecto, todos los demás resultados de la comparación (de exclusión y no concluyentes) en el caso de que no lo sean. Con frecuencia, dondequiera que el LPE enumera los nombres e identificadores de las fuentes de los ejemplares, hay una referencia en cuanto a si la persona se identificó. Como en la Figura 10-16, las notas, los levantamientos y fotografías que contienen las anotaciones son la documentación de

**FIGURA 10-17**

Ampliaciones de L4 y ejemplar demostrando el subconjunto de detalle usado para concluir la individualización.

los casos por los que las huellas latentes se asociaron con los ejemplares. Si no hay asociaciones indicadas en el levantamiento o una fotografía, todas las personas mencionadas fueron comparadas con resultados negativos, según consta en las notas.

Documentación de evaluación ampliada. Las notas del caso (hojas de trabajo o notas de forma libre) también pueden contener documentación ampliada de las conclusiones. Las notas deben documentar la conclusión de la comparación de cada huella latente con cada ejemplar. La información incluida en las hojas de trabajo o notas deberá resumirse en el manual técnico o de procedimiento. Si los levantamientos o fotografías originales no se conservan como parte del expediente del caso, el EHL debe conservar reproducciones legibles de los levantamientos de latentes y fotografías originales en el expediente del caso.

La documentación de nota caso de la comparación de L2 con los ejemplares de tres individuos puede ser de la siguiente manera:

L2-Vidrio exterior de la puerta del patio

Análisis:

Polvo negro de levantado: Tres impresiones dactilares adecuadas para la comparación (A, B, y C) son consistentes con simultánea de los dedos # 7, # 8, # 9, matriz normal, presión media de deposición, distorsión de presión causada por el movimiento a la baja aparente de dedos en la superficie.

El ampliado de documentación de una individualización puede incluir ampliaciones que demuestran un subconjunto de

los datos utilizados para apoyar las conclusiones del EHL. Figura 10-17 es un ejemplo de una ampliación que demuestra una porción limitada del detalle de nivel uno, nivel dos y nivel tres de una comparación diferente para apoyar una individualización.

Ejemplares comparados y conclusiones:

John DOE (ID # 123456): negativo 09/22/05.

Susana SMITH (ID # 987654): negativo 09/22/05.

Jane DOE (DOB 27/11/78): L2A = # 7 LI, L2B = # 8 LM, L2C = # 9 LR, 23.9.05.

Ya sea mínima o ampliada, el objetivo de la documentación es asegurar que el EHL o una persona que revise el caso puedan discernir:

- Cuáles huellas latentes son adecuadas para comparativo.
- La fuente de los ejemplares comparados con las huellas latentes adecuadas.
- Las conclusiones a las que se llegó.

Las actividades y los resultados del examen por parte del EHL deben ser claras y comprensibles.

10.2.7.5 Verificación. La verificación de cualquier conclusión se debe documentar en el expediente del caso. El manual técnico o de procedimiento debe indicar que las conclusiones deben ser verificadas y cómo se documenta la verificación. (Los casos en que se requiere la verificación ciega, puede requerir procedimientos especiales de documentación para evitar que el verificador conozca los

resultados del examinador original). Para algunas dependencias, sólo las individualizaciones se verifican; para otros organismos, todas las conclusiones son verificadas. A veces, la verificación de todas las conclusiones depende de ciertos criterios, como el tipo de caso.

La persona que verifica las conclusiones debe colocar su marca personal y la fecha en el expediente del caso. El marcado personal y de la fecha pueden ir en cada levantamiento que contenga conclusiones verificadas, en el sobre que contiene las huellas latentes o en las notas del caso.

10.2.7.6 Disposición de levantamientos y fotografías. El EHL debe indicar la disposición de los levantamientos de latentes y fotografías después de finalizado el examen. En algunas dependencias, sólo es necesario indicar si los levantamientos de latentes y fotografías no se resguardan en la forma normal. Por ejemplo, puede ser un procedimiento estándar que las huellas latentes se almacenen en un archivo asegurado y que el EHL debe indicar en el sobre la fecha en que el sobre fue asegurado en el archivo. También puede ser un procedimiento estándar que las imágenes digitales se almacenen en un CD en el expediente o en una base de datos de gestión de imágenes. Siempre y cuando se sigan los procedimientos estándar, no se requieren anotaciones.

Si los levantamientos de latentes y fotografías originales son liberados a la dependencia que las presentó, debe haber documentación en el expediente del caso de cuándo las huellas latentes fueron liberados y a quién le fueron entregadas las huellas latentes.

10.3 Documentación de Custodia Secundaria

10.3.1 Revelado de Huellas Latentes en Artículos de Evidencia

Cuando un EHL recibe un elemento de prueba recuperado del lugar de los hechos por otra persona (por ejemplo, un analista del lugar de los hechos), se necesita documentación adicional relativa a la cadena de custodia de la evidencia y el embalaje de la evidencia.

Las notas generales y la documentación respecto a la descripción y el estado de las evidencias, observaciones iniciales, el revelado de la huella latente y la recuperación, el marcado de los elementos de evidencia, la disposición de las pruebas, y fotografías de marcado y levantamientos se detallan en el apartado 10.2.6, revelado de huellas latentes

en artículos de evidencia.

10.3.1.1 Cadena de custodia. El EHL debe indicar la fecha de recepción de los artículos y de quién los recibió. El examinador puede recibir el artículo directamente del personal que respondió o de una instalación de almacenamiento seguro.

10.3.1.2 Embalaje de la evidencia. El EHL debe indicar si los artículos fueron embalados y sellados correctamente.

Por ejemplo, las notas pueden reflejar que se recibieron en una bolsa de papel sellada los artículos 6, 7 y 8. El EHL también debe tener en cuenta si existe algún embalaje interno. Las notas pueden contener la información de la siguiente manera:

Bolsa de papel sellado recibido de bóveda 2.6.06 contiene artículos 6, 7 y 8. En el interior de la bolsa de papel marrón sellada: el artículo 7 en un sobre manila y el artículo 8 en un recipiente de plástico; sin envase interior para el artículo 6.

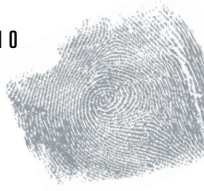
Hay momentos en que un examinador puede recibir pruebas antes del envasado final por el personal que respondió a la escena. Esto puede ocurrir cuando existe la preocupación de que el envasado puede destruir la evidencia de huellas latentes. En esta circunstancia, el EHL debe documentar quién entregó la evidencia, la fecha y el estado en que se entregó la evidencia. Después de que el EHL ha completado el revelado de la impresión latente y la recuperación, el artículo debe someterse al embalaje final y sellado. El EHL puede empaquetar y sellar la evidencia o la evidencia puede ser devuelta a la persona que inicialmente recuperó el elemento de la escena. Cualquiera de estas circunstancias deberá indicarse en las notas.

10.3.2 Examinación de las Impresiones de Crestas de Fricción

El examen de las impresiones de crestas de fricción recuperadas por el EHL en cuanto a artículos de evidencia presentados por otras personas sigue la misma documentación que se discutió en la sección 10.2.7, examen de impresiones de crestas de fricción.

10.4 Documentación de Custodia Terciaria

Cuando un examinador recibe fotografías y levantamiento de huellas latentes recuperados por otra persona (por



ejemplo, un analista de la escena del crimen), la documentación adicional es necesaria para establecer la cadena de custodia de la evidencia.

10.4.1 Cadena de Custodia

Los levantamientos de latentes y fotografías se consideran evidencias y deben estar debidamente empaquetados, tienen una cadena de custodia. El EHL debe documentar toda la información pertinente:

- Numero de caso.
- La dirección.
- Quién recupero las huellas latentes. La fecha en que las huellas latentes fueron recuperadas.
- Un inventario de lo recibido (por ejemplo, el número de levantamientos, fotografías, dibujos o notas y cualquier impresión de eliminación presentada).

10.4.2 Marcando Levantamientos y Fotografías con un Identificador Único

Cada levantamiento de latente y fotografía deberá estar marcado con un identificador único. Los levantamientos de latentes y fotografías presentadas ya deben llevar el número de caso, que debe ser anotado en cada fotografía y el levantamiento por la persona que recuperó las huellas latentes. El EHL puede optar por incluir un designador alfabético o numérico secuencial para servir como identificador único en cada levantamiento y fotografía. Las iniciales del EHL, seguidas de un número secuencial es un método eficaz para marcar las fotografías y levantamientos (por ejemplo, AVM 1, 2 AVM, AVM 3, etc.).

A veces es útil contar con un sistema de etiquetado de huellas latentes reveladas por el EHL (L1, L2, L3, etc.) y otro sistema de etiquetado de huellas latentes presentadas por otros miembros del personal (1 dbf, dbf, dbf 2 3, etc.). En un caso, el EHL puede ser responsable del examen de las huellas latentes que él o ella haya percibido y el EHL puede ser responsable del examen de las huellas latentes recuperadas por otra persona. Un sistema de etiquetado diferente distingue fácilmente los dos en el expediente del caso.

10.4.3 Examinación de las Impresiones de las Crestas de Fricción

Después de documentar la cadena de custodia y la colocación de un identificador único en los levantamientos y

fotografías, el examen de las impresiones de las huellas latentes sigue adelante. La documentación de examen (análisis, comparación, evaluación y verificación) de las impresiones de crestas de fricción se discute en la sección 10.2.7, examen de impresiones de crestas de fricción.

10.5 Conclusión

Con el fin de revisar adecuadamente el expediente del caso, el expediente debe contener información suficiente para iluminar las actividades y los resultados de las conclusiones. La documentación de impresiones de crestas de fricción comienza en el lugar de los hechos. Una superficie o elemento de evidencia debe ser documentado en la escena. La ubicación y la orientación de las huellas latentes reveladas en el lugar deben documentarse de una manera que conecte la huella latente a la superficie original.

El revelado posterior de las huellas latentes en elementos recuperados de la escena debe demostrar la ubicación y orientación de las huellas latentes reveladas sobre el artículo.

El examen de las huellas latentes recuperadas debe contener la información suficiente para que una persona que revise el expediente del caso pueda discernir:

- El origen de las huellas latentes.
- Cuáles de las huellas latentes son de valor suficiente para el comparativo.
- El donante de los ejemplares comparados con las huellas latentes.
- La conclusión alcanzada.

La Figura 10-18 es un ejemplo de cómo la fotografía puede ser utilizada para conectar todos los elementos de documentación para un caso.

Los examinadores de huellas latentes deben seguir las políticas y procedimientos descritos en el manual técnico u operativo de su dependencia. Es importante que estas políticas y procedimientos sigan prácticas científicas sólidas y estén suficientemente detallados para permitir una evaluación precisa del registro del caso. La documentación apropiada es a menudo el componente crítico en la admisibilidad de las pruebas.

FIGURA 10-18

La documentación de la evidencia en el lugar de los hechos (A), la ubicación y la orientación de la impresión latente (B), la fotografía de calidad de examen (C), y la examinación de (A), (B) y (D).



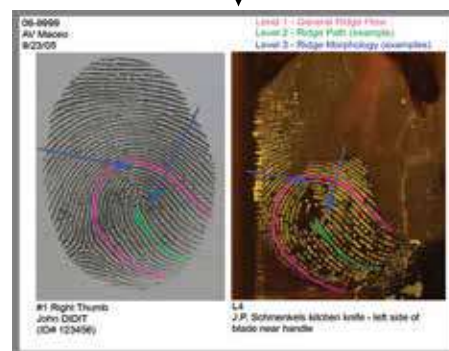
(A)



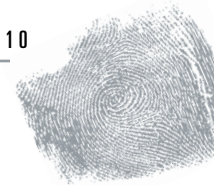
(B)



(C)



(D)



10.6 Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo son: Leonard G. Butt, Brent T. Cutro, Sr., Robert J. Garrett y Michael Perkins

10.7 Referencias

American Society of Crime Laboratory Directors/Laboratory Accreditation Board (ASCLD/LAB). *ASCLD/LAB Manual*; American Society of Crime Laboratory Directors/Laboratory Accreditation Board: Garner, NC, 2005.

Ashbaugh, D. R. *Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.

Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). *Friction Ridge Examination Methodology for Latent Print Examiners*; Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology, 2002.

CAPÍTULO



EQUIPO

JULIEANNE PEREZ-AVILA

CONTENIDOS

3

11.1 Introducción

12

11.5 Créditos y Revisores

3

11.2 Equipo del Lugar de los Hechos

12

11.6 Referencias

7

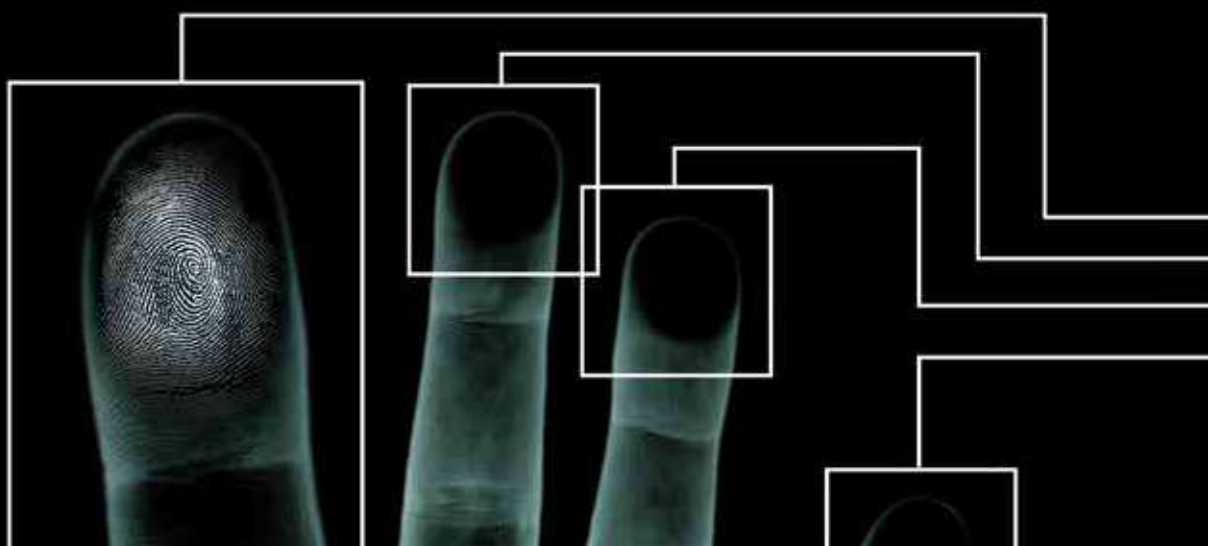
11.3 Equipo de Laboratorio

13

11.7 Proveedores de Equipos

12

11.4 Conclusión





CAPÍTULO 11

EQUIPO

JULIEANNE PEREZ-AVILA

11.1 Introducción

Las huellas dactilares, a pesar de que se pueden encontrar 50 años después de haber sido depositado sobre un trozo de papel, son al mismo tiempo muy frágiles y fácilmente destruidas. La llegada de un técnico de huellas dactilares al lugar de los hechos marca un punto crítico en una investigación. Es lo que él o ella decida hacer, aun sin quererlo, que puede afectar el éxito o el fracaso de la recopilación de evidencias de huellas dactilares. Un técnico debe estar bien informado sobre el equipo que está disponible tanto en el campo como en el laboratorio. Con este conocimiento, el técnico será capaz de seleccionar el mejor método para el revelado y la preservación de una impresión.

Este capítulo se centra en el equipo que se puede utilizar fácilmente en el campo y el equipo que se encuentra en el entorno del laboratorio. Habrá, por supuesto, una cierta superposición entre el lugar de los hechos y los equipos de laboratorio.

11.2 Equipo del Lugar de los Hechos

11.2.1 Fuentes de iluminación

Una fuente de luz puede incluir cualquier elemento que produce la radiación electromagnética de cualquier longitud de onda (desde el ultravioleta hasta el infrarrojo). Las fuentes de luz son indispensables para un respondiente al lugar de los hechos, y una gran variedad de ellas son útiles.

11.2.1.1 Linterna. Una linterna es un elemento importante que debe estar en cada kit de huellas dactilares. Debe ser de buena calidad y producir una luz fuerte y pareja. Una linterna es típicamente de mano, ligera y alimentada con baterías. Se puede sostener a un ángulo en cualquier superficie que este siendo examinada.

11.2.1.2 Fuentes de luz forense. A principios de 1980, una lámpara de arco de xenón* modificada fue desarrollada por la Unidad de Investigación de Ciencias Forenses de Australia, la fuente de luz “Quasar” fue desarrollada por la Oficina de Investigación Científica del Reino Unido, y la luz “Lumaprint” fue desarrollada por el Consejo Nacional de Investigación de Canadá. Actualmente, hay muchos tipos de fuentes de luz forense (Lee y Gaensslen, 2001, pág. 152-153). Muchos sistemas de suministro utilizando redes de difracción o filtros con diversas lámparas proporcionan una variedad de configuraciones y modelos. En años más recientes, varias fuentes de luz forense se han diseñado para utilizar diodos emisores de luz en lugar de lámparas.

El principio para todas las fuentes de luz forense era básicamente el mismo: una lámpara de alta potencia produce una luz blanca que consiste en una amplia gama de longitudes de onda. Un investigador selecciona ciertas longitudes de onda de luz a través del uso de un filtro o una rejilla de difracción. Las longitudes de onda seleccionadas pasan a través de una apertura para producir un haz, o la luz se dirige a través del uso de un dispositivo óptico (por ejemplo, fibra óptica, guías de luz líquido). Esta capacidad para seleccionar diferentes longitudes de onda puede ser un beneficio que no se encuentra en la mayoría de los láseres. (Para más información sobre el láser, véase la sección 11.3.3.)

La intensidad de una fuente de luz forense (FLS) no es tan fuerte como un láser; sin embargo, un FLS tiene la ventaja de ser menos costoso y más fácil de transportar que un láser (Wilkinson y Watkin, 1994, pág. 632-651; Fisher, 1993, pág. 111).

Las fuentes de luz forense se utilizan por el resplandor de la luz sobre la evidencia o habitación para ayudar a los investigadores a detectar huellas latentes. Los contaminantes, y componentes de, una huella latente a veces causan una luminiscencia inherente al exponerse a ciertas longitudes de onda. Ciertos productos químicos y polvos también pueden usarse para hacer visibles impresiones latentes. No todas las sustancias se hacen visibles en la misma longitud de onda (Fisher, 1993, pág. 111).

Los investigadores deben usar gafas con filtros al usar cualquier FLS. El tipo de gafas necesario depende del tipo de luz utilizada (Masters, 1995, pág. 133-142).

11.2.2 Aplicadores de polvo para huellas dactilares

11.2.2.1 Los aplicadores tradicionales de polvo para huellas dactilares. Los aplicadores de polvo de huellas dactilares vienen en muchas formas, tamaños y componentes de fibra. Estos pueden estar hechos de pelo de camello, pelo de ardilla, pelo de cabra, pelo de caballo, plumas, fibras sintéticas o naturales, filamentos de carbono, o fibra de vidrio. Estos cepillos se utilizan para aplicar ligeramente el polvo a una superficie; los cepillos suaves reducen el riesgo de dañar la frágil impresión (Fisher, 1993, pág. 101-104).

11.2.2.2 Aplicadores magnéticos de polvo para huellas dactilares. El cepillo magnético, o cepillo magna, fue desarrollado por Herbert MacDonell en 1961 (MacDonell, 1961, pág.7). Desde su diseño inicial, muchas variaciones se han fabricado (Figura 11-1), a partir de grandes aplicadores de cabeza ancha a los aplicadores que tienen una

FIGURA 11-1

Aplicadores de polvo para huella dactilar.



*La lámpara de arco de xenón se introdujo como una alternativa a los láseres y se conoce comúnmente como una *fente de luz alterna* o ALS. Más tarde, se las fuentes de luz alterna fueron conocidas como *fuentes de luz forense*.



cubierta de plástico desechable para su uso en situaciones en las que el material potencialmente peligroso podría contaminar una aplicación (James, Pounds, y Wilshire, 1992, pág. 531-542; Lightning Powder Company, 1999, pág. 3). La mayoría tienen un diseño similar: una barra de acero magnetizado dentro de un casco no magnético. La barra magnética es móvil y se puede retraer dentro del casco. Cuando la varilla no se retrae, la cabeza del aplicador se magnetiza.

Para utilizar el aplicador magnético, éste se baja dentro del polvo magnético. El imán permite que el polvo de huellas dactilares se aferre al extremo del aplicador. El polvo que se adhiere al aplicador creará un cepillo como de cerdas el cual consta sólo de polvo. Este cepillo es muy suave, cuidadosamente pasado por la superficie deseada. Los extremos del polvo se adhieren a los constituyentes de la huella latente y hacen que la impresión sea visible. Se debe tener cuidado de tocar sólo los extremos del polvo suspendido, y no el propio aplicador, a la superficie que se está procesando. Esto proporciona un pincel muy delicado con mínima abrasión para las frágiles impresiones.

El exceso de polvo se puede eliminar primero retrayendo la varilla magnética y liberando el polvo no utilizado del aplicador de nuevo en el frasco de polvo (o contenedor de eliminación apropiada, si es que el polvo se ha contaminado) y luego pasando el aplicador sobre la zona de nuevo para permitir que cualquier exceso de polvo se vuelva a adherir al imán.

11.2.3 Tarjetas de respaldo de huella latente y materiales de levantamiento

11.2.3.1 Tarjetas de soporte de impresión latente. Las tarjetas de respaldo de impresión latente se utilizan para registrar las impresiones que han sido levantadas con cinta adhesiva. Por lo general tienen una cara brillante y un lado no brillante, y vienen en blanco o negro. La tarjeta suele estar pre impresa, con áreas para obtener información sobre el levantamiento (fecha, número de caso, ubicación, quién hizo el levantamiento, etc.) y un espacio donde un boceto se puede registrar.

11.2.3.2 Cinta de levantamiento y levantadores de bisagra. A través de los años, se han desarrollado diferentes tipos de cintas para levantar huellas latentes. Aparte de las cintas clara y mate estándar, hay una cinta de polietileno que tiene una cierta flexibilidad, lo que permite a los levantamientos ser más fácilmente tomados de superficies

curvas. Las cintas que son más gruesas que las cintas transparentes y mates fueron desarrolladas para ajustarse mejor a las superficies con textura, lo que permite que más de la impresión sea levantada. La cinta adhesiva de un rollo puede ser rasgada o cortada a cualquier longitud y después fijada a la impresión revelada. Se debe tener cuidado de remover una longitud adecuada de la cinta en un movimiento continuo para evitar las líneas que son creados por paradas intermitentes durante la extracción de la cinta del rollo. (Muchos examinadores prefieren no separar el trozo de cinta del rollo, en cambio utilizan el rollo como un asa segura para la cinta.)

Después de que un artículo ha sido procesado con el polvo, el borde del dispositivo de levantado (por ejemplo, final de la cinta) se presiona sobre la superficie adyacente a la huella latente y el dispositivo se alisa cuidadosamente sobre la impresión. La cinta se despega y se coloca en una tarjeta de respaldo de color contrastante con el polvo.

También hay levantadores de bisagra previamente cortados de diversos tamaños. Estos son pequeñas piezas de material de soporte con una pieza del mismo tamaño de cinta adhesiva adjunta. Permiten que un examinador pueda colocar la cinta adhesiva en una impresión y luego presione directamente sobre el soporte adjunto para montarlo.

11.2.3.3 Los levantadores de goma/gel. Los levantadores de goma / gel vienen en hojas elásticas pre cortadas. Tienen una capa de gelatina adhesiva de baja adherencia sobre el material de soporte, que se cubre con acetato transparente. El adhesivo de baja adherencia y la flexibilidad del material de soporte hacen que estos levantadores sean los deseables al levantar huellas de superficies curvas y delicadas como las bombillas, picaportes y papel. Los levantadores están disponibles en blanco, negro y con material de soporte transparente. Los levantadores transparentes pueden fijarse directamente a una tarjeta de levantado, mientras que los levantadores de material de soporte negro o blanco están protegidos con una hoja de cubierta transparente y se comparan como una imagen invertida (reflejado).

11.2.4 Materiales de moldeado

Cuando la superficie de un artículo es rugosa o con textura, un material de moldeado se puede utilizar para llenar las grietas, proporcionando una mayor posibilidad de levantar toda la impresión. El material de moldeado también puede ser útil para preservar y registrar impresiones de huellas

dactilares en superficies semisólidas (por ejemplo, masilla fresca utilizada para asegurar paneles de vidrio en una ventana) (Bay, 1998, pág. 130-132). El material de moldeado está disponible en una variedad de compuestos (por ejemplo, silicona, masilla, caucho) y colores. Un color que contrastará con el polvo de impresión debe seleccionarse (Morris, 2005).

11.2.5 Cámaras

Cualquier tipo de cámara que tiene accesorios para trabajo de acercamiento puede ser utilizado en la fotografía de huella dactilar y de impresión palmar (Moenssens, 1971, pág. 151). Sin embargo, un sistema de cámara con una lente para macrofotografía funciona mejor. Las luces de inundación fotográfica o un sistema de flash fuera de la cámara son necesarios para la iluminación. Estos, en combinación, forman un sistema que se puede utilizar para fotografiar evidencias en el laboratorio o en el campo. La cámara de prensa o de visualización utilizando película de lámina de 4"x 5" era la cámara más utilizada hasta que fue sustituida por las cámaras de 35 mm de fácil uso. Las cámaras de reflejo de alta resolución digitales más nuevas de un solo lente también son adecuadas para la fotografía de huella dactilar (Dalrymple, Shaw, y Woods, 2002, pág. 750-761; Crispino, Touron, y Elkader, 2001, pág. 479-495).

11.2.6 Tarjetas decadactilares

Las tarjetas decadactilares se incluyen como parte del equipo estándar para la grabación de impresión en el lugar del siniestro. A menudo, los investigadores recogen las huellas latentes de una escena sin obtener impresiones de eliminación de la víctima. En la mayoría de los casos, las

impresiones de eliminación se pueden obtener fácilmente en el lugar, pero a menudo se pasan por alto. Si se toma el tiempo para obtener las impresiones de eliminación, se pueden hacer comparaciones y es menos probable que el personal del laboratorio tenga que ejecutar copias de las víctimas a través del Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares del FBI o el Sistema Automatizado e Integrado de Identificación de Huellas Dactilares.

11.2.7 Equipo misceláneo

Los elementos adicionales que se deben incluir en un kit de evidencia del lugar de los hechos (Figura 11-2):

1. Cinta de medir retractable.
2. Reglas (regla de metal y pequeñas reglas de plástico; una regla láser puede ser útil también).
3. Escalas para indicar las dimensiones en las fotografías (no adhesivas y adhesivas para colocar en paredes, si es necesario).
4. Recipientes de embalaje (para preservar la evidencia en la condición en que se encuentra y para evitar la contaminación).
 - a. Bolsas de papel
 - b. Cajas de varios tamaños
 - c. Sobres de manila
 - d. Bolsas de evidencia, de plástico
 - e. Tubos de evidencia (para guardar cuchillos, desarmadores, etc.).

FIGURA 11-2

Kit de evidencia (con reglas, sobres de manila y otros objetos).





5. Cinta de embalaje y cinta de evidencia a prueba de manipulaciones (para el sellado de los contenedores de envasado).
6. Etiquetas de advertencia (para evidencia de procesamiento químico o de riesgo bioquímico).
7. Cubre bocas (para el uso de polvos, especialmente en espacios cerrados) y respiradores (para el uso con reactivos químicos que requieran de protección).
8. Gafas transparentes para el uso de polvos (adicionalmente a las gafas con filtro para el uso de FLS).
9. Guantes desechables.
10. Lupa de aumento de mano.
11. Bolígrafos y marcadores permanentes.
12. Mangas de plástico para las patas del trípode (en caso de escenas contaminadas).

A veces, la evidencia tiene que ser recolectada para su procesamiento en el laboratorio. Las herramientas para ayudar en la recolección de evidencia al técnico incluyen:

1. Desarmadores
2. Llaves de dado
3. Sierra alternante
4. Barreta

Conforme la experiencia del técnico aumenta y encuentra lo que funciona y lo que no, él o ella puede modificar su equipo personal, según sea necesario.

11.3 Equipo de Laboratorio

11.3.1 Cabinas de extracción de cianocrilato

La extracción con cianoacrilato éster (CA o CAE), comúnmente conocida como extracción con pegamento instantáneo, se introdujo en los Estados Unidos en la década de 1980, como una manera de revelar las huellas dactilares latentes (Norkus, 1982, pág. 6; Kendall, 1982, pág. 3-5). Las impresiones se revelan cuando las moléculas de vapor de CA reaccionan con componentes en el residuo de impresión latente. Conforme estas moléculas se acumulan, empiezan a formar grupos, a menudo se

hace visible a simple vista. Estos grupos pueden entonces ser fotografiados o procesados con polvo o sustancias químicas.

Las cámaras de extracción de cianoacrilato tienen dos requisitos básicos del equipo, además de pegamento. En primer lugar, los gases deben ser contenidos. Cualquier cosa, desde una cámara de fabricación comercial (Figura 11-3) hasta una bolsa de plástico simple, bote de basura, o pecera (Figura 11-4) se puede utilizar. El segundo requisito es la ventilación adecuada. Ambos requisitos se utilizan para contener los vapores y limitar la exposición del operador a ellos, ya que pueden irritar los ojos y las membranas mucosas.

El proceso de revelado se puede acelerar mediante la adición de una fuente de calor, tal como un calentador de taza de café. Este calor hace que el pegamento se vaporice, revelando así la huella latente con mayor rapidez (Lee y Gaensslen, 2001, pág. 119). Contenedores pequeños, conocidos como barcos, se utilizan para contener el líquido de CA para la colocación en la fuente de calor. La cámara también debe incluir un sistema para separar y suspender las muestras que se están procesando.

La cámara de ahumado de vacío (Figura 11-5) fue desarrollada por la División de Identificación de la Real Policía Montada del Canadá, así como una descripción de su uso y los resultados que se publicaron a principios de 1990 (Lee y Gaensslen, 2001, pág. 119-120). Esta cámara vaporiza



FIGURA 11-3

Gabinete de extracción.

FIGURA 11-4*Pecera en campana de extracción.***FIGURA 11-5***Cámara de deposición de metal al vacío.*

los gases de cianoacrilato bajo condiciones de vacío sin la acumulación de residuo blanco que normalmente podría ocurrir cuando se realiza una extracción en una cámara convencional. Además, a diferencia con los contenedores ordinarios, no hay necesidad de esparcir artículos a ser procesados cuando se colocan en la cámara; todo seguirá siendo extraído uniformemente (McNutt, 2004, pág. 6). El uso de esta cámara también hace la sobre extracción menos probable, evitando la posibilidad de acumulación excesiva de residuo.

11.3.2 Cámara de deposición de metal al vacío

Una cámara de deposición de metal al vacío, que se utiliza para el desarrollo de las huellas latentes, es típicamente una cámara cilíndrica de acero con una puerta en un extremo. La cámara está conectada a un sistema de válvulas y bombas de vacío que trabajan para reducir la presión a

un nivel donde puede ocurrir la evaporación de metales. Theys, Turgis, y Lepareux informaron por primera vez en 1968 que la "condensación selectiva de metales bajo vacío" se asienta en la película de sebo (grasa), revelando las huellas latentes. Este procedimiento secuencialmente evapora pequeñas cantidades de oro o de zinc en una cámara de vacío, y una película metálica muy delgada se deposita sobre la huella latente, por lo que es visible (Lee y Gaensslen, 2001, pág. 140). Este procedimiento es efectivo en superficies lisas y no porosas (por ejemplo, bolsas de plástico).

11.3.3 Láser

La palabra láser es un acrónimo de "amplificación de luz por emisión estimulada de radiación". Según Fisher (1993, pág. 111), "No todos los láseres son adecuados para el trabajo de la huella dactilar. El color o longitud de onda de



la salida, así como la salida de intensidad de la luz o de energía, es importante.”

El concepto para el láser se observó por primera vez en 1957 por Gordon Gould, un estudiante graduado de la Universidad de Columbia (Taylor, 2000, pág. 10-11). Le tomó hasta 1988 resolver una disputa compleja de patentes y la batalla legal con respecto a esta extraordinaria invención (Taylor, 2000, pág. 284). Un artículo de Dalrymple, Duff y Menzel (1977, pág. 106-115) introdujo el uso del láser a los examinadores de huellas dactilares en todo el mundo (Ridgely, 1987, pág. 5-12). Este artículo describe cómo los componentes naturales en algunas huellas dactilares latentes brillan bajo la iluminación láser.

Hay varios tipos de láser, pero todos ellos funcionan básicamente de la misma manera. Para entender cómo funcionan, hay que entender los conceptos básicos de los átomos. En términos simplificados, los átomos tienen un núcleo que contiene los protones y los neutrones, rodeado por una nube de electrones. Dentro de la nube, los electrones existen en varios niveles de energía (niveles de excitación), dependiendo de la cantidad de energía a la que el átomo está expuesto por el calor, la luz o la electricidad. Cuando el átomo se excita por una cantidad específica (quantum) de energía, los electrones son excitados de su nivel de energía del estado fundamental a estados o niveles (orbitales) de energía más altos. Cuando los electrones caen de nuevo al nivel de energía del estado fundamental, el átomo libera energía en forma de una partícula de luz (fotones).

Un láser contiene un espejo en cada extremo que se utiliza para reflejar fotones. A medida que los fotones rebotan entre los dos espejos, estimulan otros átomos para liberar más fotones de la misma longitud de onda. Esto se llama la emisión estimulada. Un espejo es sólo parcialmente reflectante. Esto permite que una porción de la radiación coherente (*un haz láser*) para ser emitida (Menzel, 1980, pág. 1-21).

11.3.4 Cámara de humedad

Las cámaras de humedad (también conocidas como *cámaras ambientales*) (Figura 11-6) regulan la humedad y la temperatura en su interior en condiciones tan óptimas para un proceso específico (por ejemplo, el procesamiento de ninhidrina) se pueda lograr. Una forma muy básica para determinar la humedad es simplemente tener un termómetro de bulbo húmedo y un termómetro de bulbo seco



FIGURA 11-6

Cámara de humedad

en el interior de la cámara. El termómetro de bulbo húmedo tiene un trozo de tela bien envuelto alrededor de su bombilla. Esta tela es humedecida con agua destilada; conforme el agua se evapora, el termómetro se enfría. La velocidad de enfriamiento depende de la cantidad de vapor de agua está en el aire. El termómetro de bulbo seco mide la temperatura del aire circundante en la cámara. La Tabla 11-1 proporciona una manera fácil para determinar la humedad relativa basada en las lecturas de las mediciones de termómetro de bulbo húmedo y seco (Olsen, 1978, pág. 197-199). La experiencia y la investigación han determinado que las mejores impresiones obtenidas del tratamiento con ninhidrina son aquellas que han sido expuestas a la humedad relativa de 65-80% (Kent, 1998; Nielson, 1987, pág. 372). El termohigrómetro digital también está disponible para supervisar el tratamiento de la humedad y la temperatura.

En ausencia de una cámara de humedad, algunos técnicos usarán una plancha doméstica común para proporcionar un ambiente cálido y húmedo para acelerar el desarrollo de las impresiones de ninhidrina. Aunque esta técnica se utiliza frecuentemente con éxito, la humedad excesiva podría dañar las impresiones que se están revelando.

11.3.5 Cámaras

Al igual que en el trabajo de campo (ver sección 11.2.5), la mayoría de las cámaras y los accesorios que son capaces de la fotografía de acercamiento deben ser adecuados para la fotografía de huella dactilar en el laboratorio.

Tabla 11-1

Humedad relativa de las lecturas del termómetro de bulbo seco y húmedo.

$t - t'$ t	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
68	83	78	74	70	66	—	—	—
69	83	78	74	70	66	—	—	—
70	83	79	75	71	67	—	—	—
71	83	80	76	72	68	—	—	—
72	83	80	76	72	68	65	—	—
73	84	80	76	72	69	65	—	—
74	84	80	76	72	69	65	—	—
75	84	80	77	73	69	66	—	—
76	84	81	77	74	70	67	—	—
77	84	81	77	74	70	67	—	—
78	84	81	77	74	70	67	—	—
79	85	81	78	74	71	67	—	—
80	85	82	78	75	71	68	65	—
81	85	82	78	75	71	68	65	—
82	85	82	78	75	72	69	65	—
83	85	82	78	75	72	69	65	—
84	86	82	79	76	72	69	66	—
85	86	82	79	76	72	69	66	—
86	86	83	79	76	73	70	67	—
87	86	83	79	76	73	70	67	—
88	86	83	80	77	73	70	67	65
89	86	83	80	77	73	71	68	65
90	86	83	80	77	74	71	68	65

La columna de la izquierda es la lectura del bulbo seco (t). La fila horizontal superior es la diferencia entre la lectura de bulbo seco y la lectura de bulbo húmedo ($t - t'$). Se encuentran la celda en la intersección de la lectura de bulbo seco y la diferencia de las lecturas de bulbo. Por ejemplo, si la lectura en seco es de 85° y la lectura de bulbo húmedo de 81° , la diferencia es de 4. Observe el gráfico y encuentre 85° en el extremo izquierdo y 4 en la fila superior. Lea abajo y a través de satisfacer a los 72° ; que es la humedad relativa.

Las cámaras para usos especiales de huellas dactilares fueron desarrolladas, emplean un enfoque fijo y se colocan directamente sobre la impresión a ser fotografiada. Estas cámaras estaban equipadas con baterías y pequeñas bombillas para iluminación. Se utilizan principalmente láminas de película de $2.25'' \times 3.25''$ ó $4'' \times 5''$. Las cámaras de prensa y de visión directa (por ejemplo, $4'' \times 5''$ Corona y Speed Graphics) fueron también utilizadas y tenían la ventaja de ser útiles para la fotografía de escenas del crimen generales.

Durante la década de 1960, la Polaroid Corporation presentó la cámara de copia MP-3 y, más tarde, la MP-4 (Figura 11-7). La MP-4 se convirtió en una herramienta ampliamente utilizada para la fotografía de huella dactilar dentro del entorno de laboratorio, ya que permitió la utilización de bases de la placa de cristal, soportes de películas de hoja, adaptadores de rollo de película, porta paquete de película y enfoque de vidrio. El uso de película de hoja de $4'' \times 5''$ para registrar las huellas dactilares en una escala de tamaño natural en negativo sigue siendo común en algunas dependencias. Sin embargo, la tendencia de la utilización de 35 mm y equipos digitales (cámaras y escáneres) es cada vez más común.

Los equipos digitales son convenientes y producen resultados que son inmediatamente visibles. Los problemas de calidad se miden en muchos aspectos, la resolución y profundidad de bits son dos cuestiones importantes. "Las impresiones de crestas de fricción deben ser capturadas (en color o escala de grises) en 1000 ppi o resolución superior. La imagen digital a escala de grises debe estar a un mínimo de 8 bits. La imagen digital en color debe estar a un mínimo de 24 bits" (SWGFAST, 2002, pág. 277).

11.3.6 Herramientas de comparación

Las herramientas habituales utilizadas para realizar comparaciones incluyen una lupa, contadores de cresta y un ambiente de trabajo cómodo con buena iluminación. Las herramientas adicionales que son útiles son una caja de luz, un comparador y un sistema de mejora de imagen.

11.3.6.1 Lupas. Una lupa (Figura 11-8) es una pieza básica del equipo para la comparación de las huellas latentes. Una buena lupa de huella dactilar es una lupa de construcción sólida que tiene un ocular ajustable para permitir variaciones de visión individuales. La magnificación es típicamente 4.5X con el uso de una buena iluminación (Olsen, 1978, pág. 171-175).

**FIGURA 11-7***Cámara MP-4.***FIGURA 11-8***Lupas y contadores de cresta.*

El propósito de la lupa es permitir que el examinador vea las características suficientes de la cresta mientras mantiene un campo de vista suficiente. Esto permite que el examinador evalúe las cualidades de detalles de las crestas mientras tiene en cuenta la posición de estas características de una cresta con respecto a la otra. Algunos examinadores utilizan dos lupas (una para cada una de las impresiones que se comparan) y cambiar su atención (ver) de una a la otra entre las impresiones que se comparan. Otros examinadores doblan la fotografía o tarjeta de levantamiento de latentes a lo largo del borde de la impresión en cuestión para que pueda ser colocada junto a la impresión ejemplar debajo de una sola lupa.

Algunas lupas permiten que una retícula se inserte en la base. Estos discos tienen una línea o líneas y a través de ellas que se pueden colocar sobre el núcleo y el delta de la impresión para ayudar al hacer clasificaciones (Olsen, 1978, pág. 171-175).

11.3.6.2 Contadores de cresta. Un contador de cresta (o aguja de desmenuzado) es un instrumento de tipo lápiz con una aguja gruesa unida a un extremo (Figura 11-8). Otros instrumentos similares con puntas retráctiles también están disponibles comercialmente.

Los contadores de cresta se utilizan para mantener un punto de referencia durante el proceso de examen. Ayudan al examinador a mantener control de donde él o ella se encuentran a la hora de examinar o clasificar una impresión. El uso adecuado de los contadores de cresta requiere un toque ligero para evitar pinchar la cinta en las tarjetas de elevación de latentes o dañar los ejemplares.

11.3.6.3 Caja de luz. Una caja de luz contiene una fuente de luz y tiene una tapa semitransparente de plástico o de vidrio. Se utiliza para evaluar los negativos fotográficos y levantadores transparentes (Olsen, 1978, pág. 184-185).

11.3.6.4 Comparador. Un comparador de huella dactilar es un sistema de proyección de escritorio que tiene una fuente de luz que magnifica y muestra imágenes en una pantalla. Las impresiones conocidas y desconocidas (que han sido colocados en las plataformas) se muestran una al lado de la otra en una pantalla dividida. Esto permite al examinador estudiar las impresiones y es especialmente útil durante el entrenamiento y cuando varios examinadores están revisando y discutiendo las impresiones. Los sistemas de imágenes digitales y analógicas fueron introducidos a la comunidad de huellas dactilares durante la década de 1980 (German, 1983, pág. 8-11), y en 1985, numerosos laboratorios habían iniciado su uso (alemán, 1985, pág. 11). Los exámenes de huellas dactilares lado a lado también se llevan a cabo ahora usando una computadora estándar con el software de edición de imágenes ya disponible.

11.4 Conclusión

Ya sea el procesamiento de una escena del crimen o el procesamiento de evidencia en un laboratorio, es importante tener un buen conocimiento de los equipos y lo que se puede hacer para obtener los mejores resultados posibles en cada caso.

11.5 Créditos y Revisores

Todas las imágenes son de Aaron Matson, Especialista en Imágenes, Wisconsin State Crime Laboratory, Milwaukee, WI.

Los revisores que evaluaron este capítulo son Robert J. Garrett, Bridgett Lewis, Michael Perkins, y Juliet H. Wood.

11.6 Referencias

- Bay, A. L., Jr. Additional Use for Mikrosil Casting Material. *J. Forensic Ident.* 1998, 48 (2), 130–132.
- Crispino, F.; Touron, P.; Elkader, A. A. Search for a Digital Enhancement Protocol for Photoshop Software. *J. Forensic Ident.* 2001, 51 (5), 479–495.
- Dalrymple, B. E.; Duff, J. M.; Menzel, E. R. Inherent Fingerprint Fluorescence—Detection by Laser. *J. Forensic Sci.* 1977, 22 (1), 106–115.
- Dalrymple, B.; Shaw, L.; Woods, K. Optimized Digital Recording of Crime Scene Impressions. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (6), 750–761.
- Fisher, B. A. J., Ed. *Techniques of Crime Scene Investigation*, 5th ed.; CRC Press: Washington, DC, 1993.
- German, E. R. Analog/Digital Image Processing. *Ident. News* 1983, 33 (11), 8–11.
- German, E. R. Electronic Latent Print Detection: A 1985 Update. Presented at 70th Annual Conference of the International Association for Identification, Savannah, GA, July 1985.
- James, J. D.; Pounds, C. A.; Wilshire, B. New Magnetic Applicators and Magnetic Flake Powders for Revealing Latent Fingerprints. *J. Forensic Ident.* 1992, 42 (6), 531–542.
- Kendall, F. G. Super Glue Fuming for the Development of Latent Fingerprints. *Ident. News* 1982, 32 (5), 3–5.
- Kent, T., Ed. *Manual of Fingerprint Development Techniques*, 2nd ed.; Home Office, Police Scientific Development Branch: Sandridge, U.K., 1998.
- Lee, H.; Gaensslen, R. E., Ed. *Advances in Fingerprint Technology*, 2nd ed.; CRC Press: Washington, DC, 2001.
- Lightning Powder Company. Disposable Magnetic Brush. *Minutiae* 1999, 53 (March–April), 3.
- MacDonell, H. L. Bristleless Brush Development of Latent Fingerprints. *Ident. News* 1961, 11 (3), 7–9, 15.
- Masters, N. E. *Safety for the Forensic Identification Specialist*; Lightning Powder Company: Salem, OR, 1995.
- McNutt, J. Advancement in Latent Print Processing: Vacuum Cyanoacrylate Fuming. *The Print* 2004, 20 (2), 6–7.
- Menzel, E. R. *Fingerprint Detection With Lasers*; Marcel Dekker, Inc.: New York, 1980.
- Moenssens, A. A. *Fingerprint Techniques*; Chilton Book Company: Philadelphia, 1971.
- Morris, M. Casting a Wide Net: Lifting Fingerprints From Difficult Surfaces. *Forensic Magazine* 2005, 4 (2), 8–12.
- Nielson, J. P. Quality Control for Amino Acid Visualization Reagents. *J. Forensic Sci.* 1987, 32 (2), 370–376.
- Norkus, P. M. Glue It. *Ident. News* 1982, 32 (5), 6.



Olsen R. D., Sr. *Scott's Fingerprint Mechanics*; Charles C Thomas: Springfield, IL, 1978.

Ridgely, J. E., Jr. Latent Print Detection by Laser. *Ident. News* 1987, 37 (4), 5–12.

Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). Friction Ridge Digital Imaging Guidelines, version 1.0. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (3), 276–278. [Version 1.1, effective 9/14/09, available online at <http://www.swgfast.org/CurrentDocuments.html>.]

Taylor, N. *LASER: The Inventor, the Nobel Laureate, and the Thirty-Year Patent War*; Simon & Schuster: New York, 2000.

Wilkinson, D. A.; Watkin, J. E. A Comparison of the Forensic Light Sources: Polilight, Luma-Lite, and Spectrum 9000. *J. Forensic Ident.* 1994, 44 (6), 632–651.

11.7 Proveedores de Equipo

Armor Forensics
Lightning Powder Company, Inc.
13386 International Parkway
Jacksonville, FL 32218
(904) 485 1836
(800) 852 0300
<http://www.redwop.com>

Arrowhead Forensic Products
11030 Strang Line Road
Lenexa, KS 66215
(913) 894 8388
(800) 953 3274
info@arrowheadforensics.com
<http://www.crime-scene.com>

BVDA International b.v.
Postbus 2323
2002 CH Haarlem
The Netherlands
+31 (0)23 5424708
info@bvda.nl
<http://www.bvda.com/EN/index.html>

CSI Equipment Ltd.
Locard House
Deethe Farm Estate

Cranfield Road
Woburn Sands
United Kingdom
MK17 8UR
+44 (0)1908 58 50 58
info@csiequipment.com
sales@csiequipment.com

CSI Forensic Supply
P.O. Box 16
Martinez, CA 94553
(925) 686 6667
(800) 227 6020
<http://www.csiforensic.com>

Evident Crime Scene Products
739 Brooks Mill Road
Union Hall, VA 24176
(800) 576 7606
contact@evident.cc
<http://www.evidentcrimescene.com>

Faurot Forensic Products
P.O. Box 99146
Raleigh, NC 27624
(919) 556 9670
<http://www.faurotforensics.com>

Lynn Peavey Company
P.O. Box 14100
Lenexa, KS 66285
(913) 888 0600
(800) 255 6499
lpv@peaveycorp.com
<http://www.lynnpeavey.com>

Morris Kopec Forensics, Inc.
631 Palm Springs Drive, Suite 107
Altamonte Springs, FL 32701
(407) 831 9921
rjkopec@aol.com or mkforensics@aol.com

QPST
P.O. Box 8408
Warnbro 6169
Western Australia
+61 (0) 8 9524 7144
info@qpst.net
<http://www.qpst.net>

Sirchie Finger Print Laboratories, Inc.
100 Hunter Place
Youngsville, NC 27596
(919) 554 2244
(800) 356 7311
sirchieinfo@sirchie.com
<http://www.sirchie.com>

SPEX Forensics
19963 W. 162nd Street
Olathe, KS 66062
(913) 764 0117
(800) 657 7739
questions@mail.spexforensics.com
<http://www.spexforensics.com>

CAPÍTULO



GARANTIA DE CALIDAD

M. LEANNE GRAY

CONTENIDOS

3 12.1 Introducción

4 12.2 Programa de Garantía de Calidad

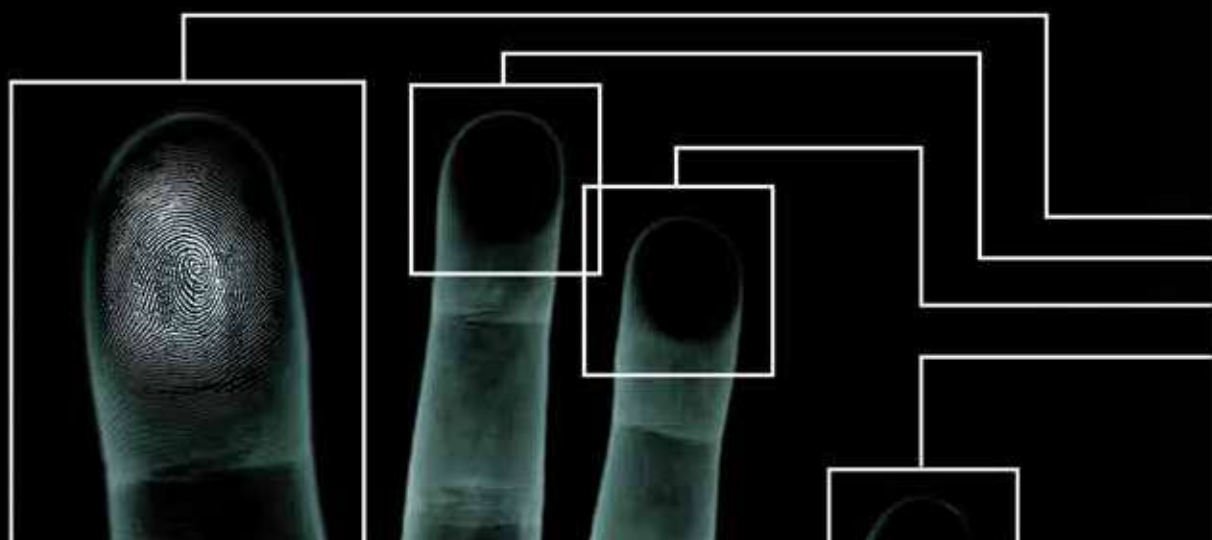
10 12.3 Medidas Adicionales de Garantía de Calidad que Pueden Ser Agregadas a un Programa de Garantía de Calidad

12 12.4 Conclusión

12 12.5 Revisores

12 12.6 Referencias

12 12.7 Información Adicional





CAPÍTULO 12

GARANTIA DE CALIDAD

M. LEANNE GRAY

12.1 Introducción

El propósito de un programa de garantía de calidad es asegurar que todos los examinadores cumplen con los estándares de calidad establecidos por la disciplina y por el laboratorio individual. Un programa de garantía de calidad incluye “las acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza suficiente de que el producto o servicio de un laboratorio va a satisfacer determinados requisitos de calidad” (ASCLD/LAB, 2005, pág. 66). Un programa de garantía de calidad establece las directrices para el desarrollo y aplicación de normas que abordan las aptitudes del examinador, redacción de informes, control de documentos, medidas de control de calidad, validación y documentación de procedimientos, estructura organizativa, requisitos de infraestructura y control de pruebas.

Hay dos principios fundamentales en el examen de crestas de fricción: (1) todos los examinadores de huellas latentes deben estar entrenados y ser competentes para llevar a cabo el trabajo de casos, antes de comenzar el trabajo independiente de casos, y (2) todas las individualizaciones (por ejemplo, identificaciones) deben ser verificadas por otro examinador competente y calificado (SWGFAST, 2006, pág. 122).

El procesamiento de evidencias, para desarrollar y preservar las huellas latentes, puede implicar diferentes técnicas de procesamiento y métodos de conservación. Aunque no hay una secuencia estándar que se pueda aplicar a todos los artículos para ser procesados, las secuencias estandarizadas dentro de una dependencia deben de estar establecidas para circunstancias particulares (por ejemplo, el tipo de pruebas, tipo de caso). El examen de crestas de fricción requiere que un examinador analice y determine la idoneidad de los detalles de la cresta, comparar el detalle de cresta con ejemplares conocidos y evaluar la suficiencia de la información visual para llegar a una conclusión. Las

conclusiones posibles son individualizaciones (identificaciones), exclusiones o inconclusas (SWGFAST, 2004, pág. 358-359).

Se pueden producir problemas de calidad que surgen de inconsistencias, errores administrativos o conclusiones erróneas.

Un programa de garantía de calidad permitirá el seguimiento de alguno de estos problemas de calidad. Un programa de garantía de calidad se asegurará de que todos los examinadores estén siguiendo el protocolo adecuado con el fin de minimizar el número de problemas que se producen.

Debido a que la comunidad de la ciencia forense está en constante crecimiento y cambio, las normas que rigen la garantía de calidad siguen cambiando, y este capítulo tratará de generalidades de un programa de garantía de calidad. Para directrices específicas y los recursos más al día, por favor consulte el apéndice de referencias relacionadas en los programas de garantía de calidad y de las organizaciones de acreditación y certificación, sección 12.6.

12.2 Programa de Garantía de Calidad

12.2.1 Documentos de garantía de calidad

Un programa de garantía de calidad debe ser escrito y contendrá un conjunto de documentos o en un solo documento (por ejemplo, manual de calidad). La documentación debe estar incluida en el manual de calidad para las siguientes áreas: técnicas de procesamiento; preparación, uso y almacenamiento de productos químicos; procedimientos de seguridad en el laboratorio; hojas de datos de seguridad de los materiales; procedimientos de manejo de evidencias; ensayos de aptitud; requisitos mínimos de notación en las hojas de trabajo de examen; directrices de redacción informe; revisiones técnicas y administrativas de casos; registros de formación y competencia; registros de calibración y mantenimiento de los equipos; registros de validación; políticas y procedimientos manuales para los sistemas electrónicos de huellas dactilares; y revisiones de testimonio (SWGFAST, 2006, pág. 117-118).

Un manual de calidad también debe delinear las responsabilidades del personal en relación con el cumplimiento del programa de garantía de calidad y delinear los procedimientos a seguir cuando se trata de problemas de calidad.

Además, los documentos pueden abordar áreas como normas mínimas y controles, cualificaciones de un verificador, organización y requisitos de gestión, requisitos de personal y requisitos de las instalaciones.

12.2.2 Pruebas de competencia

Una dependencia debe tener un método para probar inicialmente la competencia cuando un examinador se une primero a la dependencia o un examinador completa un programa de formación interna. Este examen de competencia inicial puede incluir pruebas orales, escritas o prácticas. Si una dependencia es grande y tiene múltiples sitios de trabajo, las pruebas exigidas deben ser consistentes de un lugar de trabajo a otro. Esto asegurará que la calidad general de cada examinador y el nivel mínimo de competencia son consistentes en todo el organismo. A ningún examinador se le debe permitir que comience el trabajo independiente de casos hasta que él o ella hayan cumplido con todos los aspectos de la fase inicial de pruebas de competencia.

12.2.3 Manejo de evidencia y auditorías de calidad

Cada dependencia debe establecer una política para el manejo de todas las evidencias dentro de su control. Una cadena de custodia se mantiene desde el momento en que la evidencia se recoge o se recibe hasta que se libera. Los procedimientos deberán establecer cómo se recopila, recibe y se almacena la evidencia. Los procedimientos deberán preservar la identidad, integridad, condición y seguridad del artículo. La política debe incluir información sobre cómo se ha de embalar la evidencia, los requisitos derivados del sello, y qué hacer cuando la evidencia se pierde o si hay una discrepancia. Incluidas en esta política deben estar las auditorías periódicas de todas las evidencias que estén dentro del control de la dependencia. El marco de tiempo para que estas auditorías ocurran (por ejemplo, mensual, trimestral, semestral o anual), así como el porcentaje de evidencias que serán examinadas y quién llevará a cabo la auditoría, deben establecerse.

Además, una dependencia debe establecer una política de auditoría de todos los demás aspectos del sistema de calidad de la dependencia, incluyendo un marco de tiempo para que estas auditorías se lleven a cabo, así como quién llevará a cabo estas auditorías. Una dependencia puede optar traer a auditores de dependencia externas o tener auditores internos que llevan a cabo las inspecciones.



12.2.4 Preparación, uso y almacenamiento de químicos

Una dependencia debe tener una política en lugar que describa los procedimientos adecuados para la preparación, uso y almacenamiento de todos los productos químicos que se mantienen dentro de la dependencia. Esta política puede abordar cuestiones como marcas requeridas en los productos químicos cuando se reciben, el tiempo que un químico puede ser conservado y utilizado si se compra comercialmente, la vida útil de cada solución de reactivo que se prepara dentro de la dependencia, y una lista de los productos químicos y soluciones de reactivos que deben ser probados antes de su uso con casos reales. Una dependencia debe crear y mantener una lista de todos los productos químicos y soluciones de reactivos que se utilizan en cada sección de la dependencia. Además, una dependencia debe tener un plan para el desecho adecuado de los productos químicos y soluciones de reactivos, incluyendo la información de contacto para cualquier proveedor externo que pueden ser necesarios para implementar del desecho de productos químicos caducados o que ya no se usan o soluciones de reactivos.

12.2.5 Técnicas de procesado

Una dependencia debe tener una política para delinear qué técnicas de procesamiento validadas son sancionadas por el organismo. Cualquier cambio, actualización o eliminación en una técnica de procesamiento debe estar disponible para todos los examinadores de la dependencia. Una dependencia puede desear incluir una guía para los examinadores a seguir que detalla cuáles son las técnicas de procesamiento adecuadas en cada paso de un examen. Sin embargo, cualquier lista debe ser vista como una mera guía.

12.2.6 Políticas y manuales de procedimientos para sistemas electrónicos de huellas dactilares

Una dependencia debe contar con políticas y manuales de procedimientos que delinear los requisitos de uso, mantenimiento y cambios a cualquiera de los sistemas electrónicos de huellas dactilares que son accesibles a los examinadores dentro de la dependencia. Estas políticas y manuales de procedimientos deberán revisarse para garantizar que cualquier cambio, actualización o supresión sean actuales.

Estas políticas y manuales de procedimientos pueden incluir, pero no están limitadas a, las cosas tales como la formación que un examinador debe completar con éxito antes de tener acceso al sistema(s) electrónico de huellas dactilares; requisitos de documentación, como el papeleo o imágenes que deben mantenerse; e informar de los requerimientos de redacción cuando se utiliza un sistema electrónico de huella dactilar en el trabajo de casos.

12.2.7 Procedimientos de inspección

Una dependencia debe establecer procedimientos para el tratamiento y la práctica de pruebas, toma de notas y redacción de informes. Estos procedimientos deben describir protocolos y tipos establecidos de exámenes realizados. Adicionalmente, exigirán que en el momento de la recolección (ya sea en el campo o en el laboratorio), todas las evidencias de impresión latente se marcarán con un mínimo de información (es decir, un identificador de caso único, las marcas personales) y, cuando proceda, la información para explicar la orientación o la posición de la latente. La información del sustrato también debería incluirse. Esto puede incluir el uso de un diagrama.

Una dependencia debe establecer procedimientos para la comparación de detalles de las crestas de fricción (SWGFAST, 2002, pág. 324). Estos procedimientos deben describir los protocolos establecidos (por ejemplo, ¿todas las huellas son latentes para ser comparadas o se deberían concluir las comparaciones después de que se individualiza la primera latente?).

12.2.8 Verificación

Una dependencia debe establecer normas que rigen los requisitos que se necesitan para ser un verificador. Estas calificaciones pueden incluir un número mínimo de horas de formación, un número mínimo de créditos de educación continua, o un número mínimo de casos concluidos sin problemas de calidad. Es importante recordar que al establecer un estándar para las calificaciones de un verificador, el número de años de servicio no es tan importante como la calidad del trabajo que se ha producido.

12.2.8.1 Verificación. La verificación de una comparación de huellas latentes es “la confirmación de la conclusión de un examinador por otro examinador competente” (SWGFAST, 2006, pág. 122). Una dependencia debe establecer normas que rigen el proceso de verificación. Estas reglas

pueden ser limitados a individualizaciones, pero también pueden incluir exclusiones o inconclusas.

12.2.8.2 Verificación ciega. “Verificación ciega es la confirmación de la conclusión de un examinador por otro examinador competente, que no tiene ninguna expectativa o conocimiento de la conclusión previa” (SWGFAST, 2006, pág. 122). Este proceso requeriría que el examinador inicial del caso no coloque ninguna marca de ningún tipo, incluyendo anotaciones de conclusión, en cualquiera de las pruebas necesarias para el examen de verificación, asegurando de este modo que otro examinador dado la misma evidencia no será consciente de las conclusiones del examinador inicial.

El Grupo de Trabajo Científico de Análisis, Estudio y Tecnología de las Crestas de Fricción (SWGFAST) recomienda la verificación ciega “en los casos de una individualización, exclusión, o no concluyente de una persona basada en una sola huella latente” (SWGFAST, 2006, pág. 122). Una dependencia debe establecer políticas respecto a qué casos requieren el uso de un proceso de verificación ciega.

12.2.9 Solución de conflicto

Debido a las variables inherentes (por ejemplo, la habilidad, experiencia) y la posibilidad de error del examinador, un examinador y un verificador posterior pueden proporcionar resultados que no son consistentes. Una dependencia debe definir lo que constituye una incoherencia y llevar a cabo una revisión de la calidad para resolver todas las inconsistencias en los resultados del examen.

La revisión de la calidad debe garantizar que todas las políticas se sigan y que a las preferencias personales no se les permite tener prioridad sobre las normas y los controles mínimos o interpretación de política. Algunas revisiones de la calidad pueden resolver las inconsistencias haciendo que los examinadores afectados documenten sus análisis, seguidas de un debate sin mediación del asunto(s). Los análisis documentados deben convertirse en una adición permanente al expediente del caso. Si la inconsistencia se resuelve tras el debate de examinador, la decisión debe ser documentado en el expediente del caso e informado a la administración. Si la inconsistencia no se resuelve a este nivel, una dependencia puede tener que utilizar otro examinador o puede crear un comité con representantes de la administración y los pares evaluadores para revisar los análisis y el expediente del caso. El comité luego intentará

resolver la incompatibilidad. Algunas dependencias pueden necesitar o elegir tener un nuevo examen por completo del caso hecho por un examinador externo independiente o dependencia.

Para determinar la causa de la incompatibilidad, puede ser necesario revisar los registros de capacitación, el programa de formación y desempeño en el trabajo previo.

Todas las críticas de calidad deben ser documentadas y proporcionan una determinación de los resultados correctos, la causa raíz(s) de la incompatibilidad, y si la inconsistencia requeriría cualquier acción correctiva. Algunos estudios de la calidad pueden ser tareas menores que requieren de una revisión rápida, determinación, y muy poca documentación. Sin embargo, otros estudios de la calidad pueden requerir un gran esfuerzo para completar y pueden dar lugar a decisiones complejas.

12.2.10 Capacitación

Si una dependencia decide establecer un programa de formación interna, la profundidad y el alcance del programa de capacitación deben ser incluidos. Además, cualquier entrenamiento que ofrece una dependencia debe estar en conformidad con las prácticas y técnicas de procesamiento generalmente aceptadas dentro de la comunidad científica. Registros copiosos deben mantenerse de toda la formación recibida por cada examinador para ayudar en el establecimiento de registros de competencia.

Un programa formal de capacitación debe incluir una descripción detallada de la formación que debe proporcionarse a cada alumno. Para que un programa de formación tenga éxito, instructores calificados deben ser identificados, dándoles suficiente tiempo y recursos para crear y mantener el programa de capacitación.

Un programa de capacitación también debe existir si un examinador que ya se ha entrenado a la competencia necesita entrenamiento de recuperación. Una dependencia que no ha establecido un programa de formación interna debe tener un mecanismo para examinadores ya entrenados a competencia para recibir entrenamiento de recuperación requerido de una fuente confiable.

También se debe tener cuidado al entrevistar y contratar aprendices. Algunas dependencias enfatizan que el alumno debe de tener una sólida formación en ciencias y matemáticas. Sin embargo, también es esencial que el



alumno sea evaluado en aptitud y capacidad para trabajar en un entorno altamente estructurado que requiere un análisis detallado y donde el trabajo se lleva a cabo a menudo de forma autónoma. Aunque las pruebas hasta la fecha son limitadas, podría ser útil para poner a prueba a los aprendices potenciales para la habilidad de reconocimiento de patrones (Byrd, 2003, pág. 329-330). También podría ser beneficioso poner a prueba regularmente a nuevos aprendices y empleados actuales de su agudeza visual y la salud general de los ojos para garantizar la excelencia continua y calidad del trabajo.

Se alienta a la dependencia que desea desarrollar un programa de formación interna a revisar *SWGFAST Training to Competency for Latent Print Examiners* documento y contacte a las dependencias que han establecido programas de formación.

12.2.11 Pruebas de competencia

Para medir el desempeño individual y proporcionar evidencia demostrativa de la capacidad de comparación de cada examinador, cada dependencia debe establecer requisitos de pruebas de aptitud. Estos requisitos deberán incluir que cada examinador de huella latente sea examinado al menos anualmente (SWGFAST, 2009, pág. 679). Esta política debe definir el tipo de prueba y la frecuencia con que debe ser completada. Como parte de la política de los ensayos de aptitud, requisitos de documentación deben ser delineados y mantenidos. La política de las pruebas de competencia también debe indicar si las pruebas se deben tomar de forma independiente y si se requieren verificaciones de individualizaciones.

El diseño de la prueba puede incluir procedimientos de la dependencia tales como la documentación, manejo de la evidencia y los actos administrativos relacionados. Los diseños de las pruebas pueden incluir pruebas abiertas (examinadores son conscientes de que están siendo evaluados), prueba a ciegas (examinadores que no saben que están siendo evaluados) o las pruebas de doble ciego (la dependencia y los examinadores no saben que están siendo evaluados).

12.2.11.1 Pruebas de competencia internas. La prueba de competencia interna, después de haber sido creada, debe ser revisada ya sea por un miembro de la sección superior del personal de la dependencia o de una fuente externa antes de la distribución de la prueba. Esta revisión se

asegurar de que la calidad de la prueba es conmensurable con los casos que se analizan de forma rutinaria.

Un programa de garantía de la calidad debería establecer parámetros para el examen de competencia interna, incluyendo el que tendrán múltiples impresiones de crestas de fricción latente y estándares conocidos (SWGFAST, 2009, pág. 678). Estos parámetros también pueden incluir el requisito adicional de evaluar las impresiones no adecuadas.

12.2.11.2 Pruebas de competencia externa. El uso de una prueba de competencia externa preparada comercialmente tiene la ventaja de no ser sesgada porque la dependencia que compra la prueba no tiene ninguna aportación en la estructura de la prueba y sin previo conocimiento de las respuestas de las pruebas antes de someter la prueba para su calificación. Estas pruebas de habilitación aseguran que el examinador es comparado con los resultados validados por el fabricante. Los resultados también pueden compararse con los resultados de otros que tomaron la prueba.

12.2.11.3 Pruebas de competencia ciegas. Una dependencia puede utilizar las pruebas de competencia ciegas para verificar la calidad del trabajo de un examinador sin su conocimiento. La dependencia puede generar evidencia ficticia y luego asignarlo como un caso normal. El examinador del caso nunca puede saber que él o ella trabajaron una prueba de competencia ciega, a menos que la calidad del trabajo que se produjo requiere una revisión de la calidad.

12.2.11.4 Las pruebas de competencia doble ciega. Tener otra dependencia que presenta pruebas ficticias como un caso regular puede proporcionar una prueba de doble ciego para evaluar el desempeño de la persona (s) completando el caso y el rendimiento general de la dependencia con respecto a ese caso.

12.2.12 Revisión técnica de casos

Una revisión técnica del caso es una herramienta útil para determinar periódicamente la calidad del trabajo de casos y garantizar resultados confiables. Una dependencia debe determinar lo que constituye una revisión técnica, quien deberá llevar a cabo las revisiones técnicas de casos, y la frecuencia de las revisiones. La Sociedad Americana de Directores de Laboratorios de Criminalística/Junta de Acreditación de Laboratorios (ASCLD/LAB) define una revisión técnica como una "revisión de notas, datos y demás documentos que constituyen la base para la conclusión

científica" (ASCLD/LAB, 2005, pág. 68). SWGFAST explica además que "estas críticas concentran en sí las pruebas adecuadas y los exámenes se han realizado para apoyar los resultados y conclusiones reportadas y en sí suficiente documentación de apoyo está presente. También se centran en sí las conclusiones son consistentes con la documentación y se encuentran dentro de las prácticas aceptadas" (SWGFAST, 2006, pág. 124-125).

Una revisión técnica puede incluir una reelaboración parcial o completa del caso y, por lo tanto, las revisiones técnicas de casos deben ser realizadas por otro examinador de huella latente calificado.

12.2.13 Revisión administrativa

Una dependencia debe determinar lo que constituye una revisión administrativa y quien llevará a cabo revisiones administrativas. ASCLD/LAB define una revisión administrativa como "un procedimiento que se utiliza para comprobar la coherencia con la política del laboratorio y para la exactitud editorial" (ASCLD/LAB, 2005, pág. 61). SWGFAST indica que "las revisiones administrativas serán conducidas por un supervisor o persona designada" (SWGFAST, 2006, pág. 125). Una revisión administrativa puede incluir la revisión de toda la documentación dentro de un expediente para la precisión técnica o puede ser simplemente una revisión de la documentación que verifique que no hay errores administrativos, tales como errores tipográficos, en la hoja de trabajo o informe escrito.

Una dependencia debe tener un mecanismo para hacer frente a los casos en que una revisión administrativa identifica un problema de calidad. Si el problema es menor, entonces la comunicación entre el revisor y el examinador original del caso puede ser suficiente para corregir el problema. Si el problema es mayor y la persona que realice la revisión administrativa no es de la administración, entonces la administración debe ser notificada inmediatamente. La administración entonces debe notificar al gerente de calidad y el revisor de la calidad (en su caso) para iniciar un proceso de revisión formal para determinar si el error es singular en su naturaleza o sistémico.

Una dependencia puede delinear disposiciones específicas en el manual de calidad respecto a la confidencialidad cuando se trata de problemas que no se convierta en conocimiento público entre sus compañeros de trabajo. Si las personas no relacionadas a la administración descubren

un problema de calidad, la dependencia podrá exigir que la participación del revisor administrativo original cese en cualquier revisión administrativa de calidad que resulte de la emisión inicial siendo identificada. Además, el revisor administrativo debería estar obligado a mantener la confidencialidad sobre el tema y el examinador original del caso indefinidamente, a menos que se le autorice de forma específica por la administración para discutir estos hechos.

12.2.14 Revisión de testimonio

Cada dependencia debe tener un mecanismo para revisar el testimonio de cada examinador dentro de esa dependencia. SWGFAST recomienda que las revisiones de testimonio se hagan anualmente (SWGFAST, 2006, pág. 126). Esta revisión debe abarcar tanto la precisión técnica de los testimonios, de la presentación general y la capacidad del examinador para proporcionar una contabilidad precisa y elocuente de todos los exámenes realizados y las conclusiones u opiniones en cuenta.

Una dependencia podrá exigir que el revisor sea un gerente (preferiblemente uno con un fondo en la especialidad a testificar), una persona del departamento de formación (en su caso), o un compañero. Una dependencia puede permitir un contrato verbal o escrito con oficiales del tribunal. Una dependencia también puede incorporar el uso de una encuesta de evaluación pre-impresión que contiene preguntas específicas que pueden ser proporcionados a uno o ambos de los abogados involucrados, así como el juez, como otro medio para determinar la calidad del testimonio proporcionado por el examinador.

12.2.15 Acción correctiva

Puede que sea necesario tomar medidas correctivas para remediar un problema relacionado con la calidad del producto de trabajo y para evitar más problemas relacionados. Una dependencia debe tener una descripción general de lo que es la acción correctiva adecuada según el tipo de problema identificado. Esta acción correctiva puede incluir opciones tales como la remoción de un examinador de la responsabilidad trabajo de casos, una revisión de trabajo de casos anteriores, lo que requiere un examinador para recibir y completar una formación adicional en el área del problema, o la revisión de trabajo de casos adicionales completados por el examinador para determinar si el problema fue singular en su naturaleza o sistémico.



Las acciones correctivas no se deben interpretar como acciones disciplinarias. Éstas son una parte importante de cualquier revisión de calidad para detectar y subsanar los posibles errores o problemas relacionados con la calidad del producto de trabajo.

12.2.16 Procedimientos de seguridad en el laboratorio

Cada dependencia debe establecer los procedimientos y las políticas de seguridad de su sistema. Los procedimientos y las políticas de seguridad deben estar en conformidad con las regulaciones estatales de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Los procedimientos y las políticas de seguridad deben incluir áreas tales como el uso de protección personal equipo, almacenamiento y desecho seguro de los productos químicos, y cómo se controla el acceso a las instalaciones. (Véase también la sección 12.2.4 en el almacenamiento de productos químicos.) Una dependencia puede desear incluir políticas sobre los patógenos transmitidos por la sangre y la higiene química en sus procedimientos de seguridad.

12.2.16.1 La designación de un Gerente de Seguridad.

Una dependencia debe designar a un Gerente de Seguridad (independientemente de otras responsabilidades) que “tenga la autoridad definida y la obligación de garantizar que los requisitos del sistema de seguridad sean implantados y el mantenidos” (ASCLD/LAB, 2005, pág. 67). Las políticas deben estar expresas sobre el alcance y la profundidad de las responsabilidades para el gerente de seguridad. Los requisitos y obligaciones que se esperan del gerente de seguridad deben estar señalados en los documentos de seguridad y pueden contener información tal como las cualificaciones del gerente de seguridad; plazos, en su caso, en los que una persona se designará como gerente de seguridad; revisión y actualización de las políticas de seguridad por escrito; la difusión de todas las políticas de seguridad y los cambios a todos los examinadores y de gestión; el mantenimiento de todos los registros de seguridad; el seguimiento de todas las cuestiones de seguridad; y elaborar un informe escrito detallando anualmente el historial de seguridad de la dependencia.

12.2.16.2 Fichas de datos de seguridad del material. Las hojas de datos de seguridad de los materiales son proporcionados por o se pueden adquirir en todas las empresas de venta de productos químicos. Cada dependencia debe diseñar el programa para la recogida, almacenamiento y

mantenimiento de las fichas de seguridad de todos los productos químicos adquiridos o utilizados dentro de la dependencia. Las hojas de datos de seguridad de los materiales proporcionan información vital de seguridad sobre los productos químicos y son una herramienta valiosa para mantener la seguridad dentro de una dependencia.

12.2.17 Calibración y mantenimiento de equipos

Los controles de rendimiento son utilizados por las dependencias para asegurar que el equipo y los instrumentos están funcionando con los criterios establecidos. Una dependencia debe establecer un sistema para verificar que cada pieza del equipo de análisis se examina con regularidad para asegurar buenas condiciones de funcionamiento. Todo el equipo que requiere calibración debe haber documentación escrita, como un libro de registro, para verificar la fecha en la que se examinó el equipo, la persona o empresa que examinó el equipo, y los ajustes o calibraciones que se realizaron en ese instrumento. Una dependencia puede establecer un horario que requiere inspecciones internas regulares, como exámenes trimestrales y una revisión externa anual.

12.2.18 Registros de método de validación

Cada procedimiento de procesamiento debe ser validado y su documentación debe ser mantenida antes de su uso en el trabajo de casos. Una dependencia debe establecer normas mínimas internas para el proceso de validación y la secuencia de las técnicas de procesamiento. Una dependencia puede decidir aceptar el estudio de validación publicado por una dependencia externa. Una dependencia puede adoptar un procedimiento de laboratorio de otra dependencia, pero todavía tiene que demostrar que el protocolo funciona como está previsto. Esto significa que la dependencia debe demostrar que los examinadores de la dependencia están usando equipos e instrumentos disponibles que puedan cumplir con los requisitos establecidos.

Las técnicas de procesamiento deben ser revisadas periódicamente para asegurar que las técnicas están al día y siguen siendo eficaces. Esta revisión permitirá que actualizaciones y revisiones al régimen de procesamiento se hagan. Cada dependencia debe establecer un marco de tiempo apropiado para estas revisiones (por ejemplo, un año, cinco años).

12.2.19 Educación continúa

Una dependencia debe crear y mantener una política de delinear y alentar a todos los examinadores para buscar oportunidades educativas adicionales. Estas oportunidades educativas pueden incluir cursos universitarios o clases y diplomas de postgrado, seminarios académicos o relacionados con el servicio, y conferencias educativas proporcionadas por las organizaciones profesionales (por ejemplo, la Asociación Internacional para la identificación (IAI), la Sociedad Canadiense de Identificación, y el de la sociedad de la huella dactilar).

Una dependencia puede desear incluir en esta política, el seguimiento de las solicitudes individuales o de asistencia en cualquiera de las oportunidades de educación continua antes mencionadas. Mediante el seguimiento de estas solicitudes y registros de asistencia, una dependencia puede identificar mejor que los individuos se esfuerzan por ampliar sus conocimientos acerca de su profesión, que pueden ser reconocidos durante una evaluación de desempeño.

12.3 Medidas Adicionales de Garantía de Calidad que Pueden Ser Agregadas a un Programa de Garantía de Calidad

Además de los componentes básicos, una dependencia puede añadir otros componentes para su programa de garantía de calidad.

12.3.1 Gerente de Calidad

Un programa de garantía de calidad puede tener una persona que “tiene la autoridad definida y la obligación de garantizar que los requisitos del sistema de calidad sean implementados y mantenidos” (ASCLD/LAB, 2005, pág. 66). En una organización grande, esta persona puede tener el título laboral de Gerente de Calidad y esto puede ser su función principal en esa dependencia. Para las dependencias más pequeñas, el Gerente de Calidad puede ser una posición de medio tiempo. El Gerente de Calidad puede tener responsabilidades de manejo de casos a lo largo de la gestión del programa de garantía de calidad.

Es importante que una dependencia registre los requisitos y obligaciones específicas que espera de esta posición.

Estos pueden incluir, pero no están limitadas a, las calificaciones del gerente de calidad; plazos, en su caso, de que una persona se designará como gerente de calidad; revisión y actualización del manual de calidad; la difusión de las políticas del programa de garantía de calidad y cambios a todos los examinadores y la administración; completar todas las revisiones de archivos de casos o la supervisión de los trabajos producidos por los revisores de calidad; el mantenimiento de todos los registros de la calidad; el seguimiento de todos los problemas de calidad; y elaborar un informe escrito detallando anualmente el registro de calidad de la dependencia.

12.3.2 Normas y controles mínimos

Una dependencia puede establecer un conjunto de normas mínimas y controles para asegurar que todos los análisis de la dependencia entienden exactamente lo que se espera en cuanto a la calidad del trabajo de casos que se produce. Estos mínimos deben ser claros y precisos para permitir la fácil comprensión y deben incluir todos los requisitos para el tratamiento de pruebas, el examen evidencia, preservación de pruebas, documentación examen, disposición pruebas, y el informe de redacción.

Si una dependencia establece normas mínimas y controles, debe establecer una política para la reevaluación de estas. Esta reevaluación debe incluir un calendario para garantizar que todas las normas y los controles son precisos y actuales con las prácticas científicas generalmente aceptadas.

Las normas mínimas y controles para cada aspecto del trabajo de casos deben documentarse bien en el manual de calidad de la dependencia o en el manual de procedimientos de la dependencia, en su caso.

12.3.3 Requerimientos de organización y administración

Una dependencia podrá establecer requisitos de organización y administración para todos los miembros del personal. Los requisitos de organización y de administración pueden incluir la delimitación de la estructura organizativa, las prácticas administrativas y la delegación de autoridad. Los requisitos de organización y administración deben documentarse bien en el manual de calidad o en el manual de la política general de la dependencia.



12.3.4 Requerimientos de personal

Una dependencia podrá establecer requisitos de personal para todos los miembros del personal. Estos requisitos pueden incluir requisitos mínimos de educación, licenciatura específica o requisitos específicos de la clase de post bachillerato y desarrollo de los empleados, asistiendo a reuniones de organizaciones profesionales y seminarios. Los requisitos del personal deben documentarse bien en el manual de calidad de la dependencia o en el manual de la política general de la dependencia.

12.3.5 Requisitos de las instalaciones

Una dependencia debe garantizar que la instalación de trabajo está diseñado para una productividad máxima de la carcasa, manteniendo el más alto nivel de seguridad disponible. Esta política debe abordar las duchas de seguridad, estaciones de lavado de ojos, extintores, los requisitos de flujo de aire campana extractora de gases y los plazos para la verificación de las condiciones de trabajo de estas características de seguridad.

Además, una política de exigencia de instalación deberá incluir marcos y condiciones de tiempo específicos, tales como el número mínimo de personas necesarias en el lugar para garantizar la seguridad del personal al participar en ciertas actividades, tales como el procesamiento químico o examen láser. Los requisitos específicos de seguridad y directrices se pueden encontrar contactando a OSHA. Las regulaciones estatales también deben ser identificadas y seguidas. Requisitos de las instalaciones deben documentarse bien en el manual de calidad de la dependencia, manual de seguridad (si existe tal manual) o manual de la política en general.

12.3.6 Uso de servicios externos de laboratorio

Las dependencias pueden verse en la necesidad, a causa de grandes retrasos o la imposibilidad de realizar un servicio específico, de tener que hacer uso de los servicios de un laboratorio externo. Si ese es el caso, es responsabilidad de la dependencia de asegurar que cualquier servicio de laboratorio externo con el que se inicia un contrato se adhiera a todas las políticas y procedimientos de garantía de calidad de la dependencia con respecto a todos los aspectos del trabajo de casos, incluyendo el manejo de evidencia y procesamiento de evidencias.

12.3.7 Acreditación y certificación de la dependencia

La certificación del examinador y la acreditación de los laboratorios se han convertido en medidas demostrativas de la calidad dentro de las disciplinas forenses. Estos programas se han promovido para dotar al sistema de justicia penal con métodos generalmente aceptados para el aseguramiento de la calidad. La certificación del examinador demuestra un nivel de competencia y capacidad para el individuo, y la acreditación demuestra que la dependencia está en cumplimiento de las políticas y procedimientos aceptados para la garantía de calidad.

12.3.7.1 Asociación Internacional para la Identificación—

Programa de Certificación de impresión latente. El IAI estableció el programa en 1977. Este programa de certificación requiere un mínimo de dos años de experiencia y un título de licenciatura. (Años de experiencia se pueden sustituir por el requisito educativo.). Los requisitos de pruebas básicas incluyen una prueba escrita, una prueba de interpretación del patrón de huella dactilar, y una prueba de comparación.

12.3.7.2 Sociedad Americana de Directores de Laboratorios de Criminalística/Junta de Acreditación de Laboratorios (ASCLD/LAB) Programa Legacy.

El Programa legado ASCLD/LAB tiene un amplio proceso para acreditar a las dependencias. Este proceso de acreditación implica revisar las políticas escritas de la dependencia, los procedimientos, y trabajo de casos y luego observa a la dependencia para confirmar que está siguiendo los estándares mínimos de acreditación y las políticas que ha establecido. ASCLD/LAB evalúa una dependencia de acuerdo a tres criterios: esenciales, importantes, y deseables. La definición de esencial es “normas que afecten directamente y que tienen impacto fundamental en el producto del trabajo del laboratorio o la integridad de la evidencia” (ASCLD/LAB, 2005, pág. 63). La definición de importante es “normas que se consideran los principales indicadores de la calidad general del laboratorio, pero puede no afectan directamente el producto del trabajo ni la integridad de la evidencia” (ASCLD/LAB, 2005, pág. 64). La definición de deseable es “normas que tengan el menor efecto en el producto del trabajo o la integridad de las pruebas, pero que, sin embargo, mejoran la profesionalidad del laboratorio” (ASCLD/LAB, 2005, pág. 63).

Además, ASCLD/LAB ha establecido nuevos estándares en muchas cuestiones que continúan empujando a la comunidad forense a un nivel más alto de calidad. Una acreditación ASCLD/LAB debe renovarse cada cinco años. Esta renovación implica el mismo proceso que el proceso de acreditación inicial y se describe ampliamente por ASCLD/LAB en su manual.

12.3.73 Organización Internacional de Estandarización (ISO). ISO trabaja en conjunto con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) para crear un sistema de estandarización en todo el mundo. ISO es el mayor desarrollador mundial de estándares. La actividad principal de la ISO es el desarrollo de normas técnicas. ISO ha creado una norma técnica (17025) para cualquier laboratorio de pruebas y calibración; esta norma es aplicable a los laboratorios forenses. La función de la norma ISO no incluye programas de acreditación. En él se establecen las normas que permiten a las dependencias buscar la acreditación ISO a través de organismos de acreditación. Actualmente, ASCLD/LAB y Calidad de los Servicios Forenses (FQS) tienen programas que permiten a las dependencias forenses para buscar la acreditación que se basa en 17025 ISO / IEC.

El Programa Internacional de Acreditación ASCLD/LAB se basa en los requisitos de la norma ISO/IEC 17025, además de los requisitos suplementarios que se basan en la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC) Guía 19 (Directrices para Laboratorios de Ciencias Forenses) y los requisitos del Programa Legado ASCLD/LAB.

Los Servicios de Calidad Forense Internacional (FQS-I) es un programa de acreditación que se basa en los requisitos de la norma ISO/IEC 17025, Guía ILAC 19 y FQS-I criterios específicos de campo. Los criterios específicos de campo incluyen "Requisitos forenses para dependencias que lleven a cabo pruebas de impresión latente", desarrollado por un comité asesor técnico de los examinadores de huellas latentes específicamente para el programa FQS-I (FQS-I, 2006).

12.4 Conclusión

La comunidad de la ciencia forense debe continuar presionando para lograr mayores niveles de excelencia forense. Un examinador debe recordar siempre que la obra producida en un organismo forense tiene el potencial de tener un efecto dramático no sólo en un sospechoso de un caso

criminal, sino también en la víctima y las familias. Como examinadores, se lo debemos a la comunidad que servimos el producir un producto de un trabajo de calidad cada vez que trabajamos un caso, sea cual sea el delito.

12.5 Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo son: Patti Blume, Deborah Friedman, Alice Maceo, Kenneth O. Smith, Jr., Lyla A. Thompson, y Juliet H. Wood.

12.6 Referencias

American Society of Crime Laboratory Directors/Laboratory Accreditation Board. *ASCLD/LAB Manual*. ASCLD/LAB: Gamer, NC, 2005.

Byrd, J.; Bertram, D. Form-blindness. *J. Forensic Ident.* 2003, 53 (3), 315–341.

Forensic Quality Services-International. *Forensic Requirements for Agencies that Perform Latent Print Testing*. FQS-I: Largo, FL 2006.

Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). Friction Ridge Examination Methodology for Latent Print Examiners. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (3), 324–328.

SWGFAST. Standards for Conclusions. *J. Forensic Ident.* 2004, 54 (3), 358–359.

SWGFAST. Quality Assurance Guidelines for Latent Print Examiners. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (1), 117–127.

SWGFAST. Guidelines for Latent Print Proficiency Testing Programs. *J. Forensic Ident.* 2009, 59 (6), 677–680.

12.7 Información Adicional

Arter, D. R. *Quality Audits for Improved Performance*, 3rd ed.; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2003.

Bauer, J. E.; Duffy, G. L.; Westcott, R. T., Eds. *The Quality Improvement Handbook*, 2nd ed.; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2006.

Benbow, D. W.; Elshennawy, A. K.; and Walker, F. *The Certified Quality Technician Handbook*; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2003.



Clark, T. J. *Success Through Quality: Support Guide for the Journey to Continuous Improvement*; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 1999.

Crosby, P. B. *Philip Crosby's Reflections on Quality*; McGraw-Hill: New York, 1996.

Crosby, P. B. *Quality Is Free*; McGraw-Hill: New York, 1979.

Crosby, P. B. *Quality Is Still Free*; McGraw-Hill: New York, 1996.

Griffiths, D. N. *Management in a Quality Environment*; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 1995.

Hartman, M. G., Ed. *Fundamental Concepts of Quality Improvement*; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2002.

Okes, D.; Westcott, R. T., Eds. *The Certified Quality Manager Handbook*, 2nd ed; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2000.

Russell, J. P. *The Internal Auditing Pocket Guide*; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2003.

Russell, J. P., Ed. *The ASQ Auditing Handbook*, 3rd ed.; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2006.

Singer, D. C., Ed. *A Laboratory Quality Handbook of Best Practices and Relevant Regulations*; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2001.

Singer, D. C.; Upton, R. P. *Guidelines for Laboratory Quality Auditing*; Marcel Dekker: New York, 1993.

St. Clair, J. *Crime Laboratory Management*; Elsevier: New York, 2003.

SWGFAST. *Training to Competency for Latent Print Examiners*. http://www.swgfast.org/documents/qualifications-competency/020822_Competency_Latent_2.1.pdf.

Tague, N. R. *The Quality Toolbox*, 2nd ed.; ASQ Quality Press: Milwaukee, WI, 2004.



CAPÍTULO



HUELLAS DACTILARES Y LA LEY

ANDRE A. MOENSSENS Y
STEPHEN B. MEAGHER

CONTENIDOS

3 13.1 Introducción

4 13.2 El Perito y las Reglas
de la Evidencia

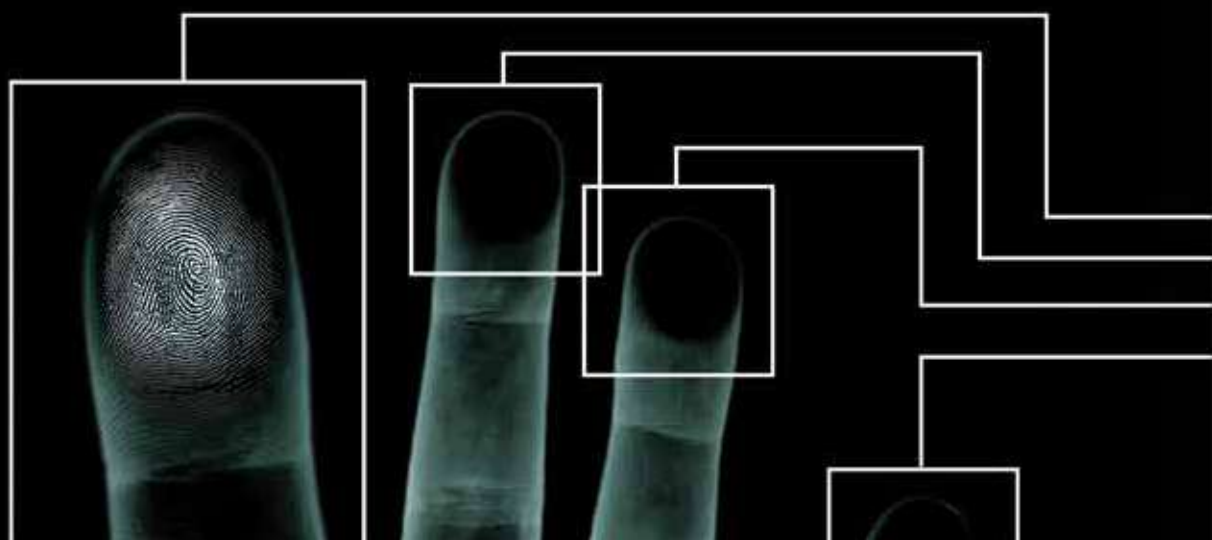
12 13.3 Retos *Daubert* a la “Toma de
Huellas Dactilares”

25 13.4 Reseña Histórica de Huellas
Dactilares, Palmares y Plantares
en las Tribunales de EE. UU.

28 13.5 Conclusión

29 13.6 Revisores

29 13.7 Referencias





CAPÍTULO 13

HUELLAS DACTILARES Y LA LEY

ANDRE A. MOENSSSENS Y
STEPHEN B. MEAGHER

13.1 Introducción

Las huellas dactilares, palmares, e impresiones de pies descalzos han sido ampliamente reconocidas y aceptadas como un medio fiable para identificar a una persona. Una reproducción de los arreglos de crestas de fricción de una huella dactilar, palmar o plantar se puede dejar en un objeto cuando se toca. Esto permite que la impresión se puede utilizar para la identificación personal de los individuos en las investigaciones criminales. Por lo tanto, la ciencia forense de huellas dactilares, palmares y las huellas de pie es utilizada por las fuerzas del orden en apoyo de sus investigaciones para identificar positivamente al autor de un crimen. Esta ciencia forense también se utiliza para los propósitos de exculpación o eliminación.

En este capítulo se abordarán las leyes y reglas de la evidencia que se aplican a las pruebas de impresión de crestas de fricción. Se abordarán las decisiones judiciales históricas y recientes de apelaciones y decisiones de la Corte Suprema de los Estados Unidos. En este capítulo se abordará principalmente decisiones de los tribunales federales y las Reglas Federales de Evidencia, que pueden no ser aplicables a todos los estados.

El término “impresión de cresta de fricción” se utiliza para referirse a cualquier impresión causada por la cresta de fricción de la piel humana (por ejemplo, la piel de la cara, palmar, de los dedos y las manos, y plantar). Hay dos tipos diferentes de impresiones de crestas de fricción: los de los individuos conocidos grabados intencionalmente, e impresiones de una o más personas desconocidas en una pieza de la escena del crimen o el lugar correspondiente; este último se denominan generalmente como impresiones latentes.

El alcance de este capítulo se incluye los aspectos jurídicos relacionados con los peritos y las pruebas, y los desafíos legales a la admisibilidad de las pruebas de impresión de

crestas de fricción. La base del material será el sistema legal de Estados Unidos a nivel federal. El texto hace referencias ocasionales a las leyes o decisiones de los tribunales de los estados específicos o países extranjeros cuando sean notables. El lector se anima encarecidamente a consultar las fuentes jurídicas que más particularmente rigen la jurisdicción en la que el perito testificará.

13.2 El Perito y las Reglas de la Evidencia

13.2.1 Introducción

El término “ciencia forense” implica el uso de una disciplina basada en la ciencia, ya que se intersecta con y proporciona evidencia para un procedimiento judicial. Las Reglas Federales de Evidencia (FRE) establecen el marco dentro del cual se han admitido pruebas a la corte. Las normas primarias que se aplican a los peritos son FRE 702, Testimonio de Expertos; y FRE 703, Bases de Opinión Testimonio de Expertos.

FRE 701, Opinión de Testimonio de testigos laicos, permite una mejor comprensión de la distinción entre el testimonio opinión ofrecida por un experto y los casos en que incluso un testigo laico puede ofrecer opiniones en un tribunal de justicia.

Cómo afectan estas reglas a los examinadores de impresiones de crestas de fricción se discutirá más adelante. En este punto, la discusión se limita a definir los términos que la ley de pruebas utiliza en relación con procedimientos legales.

13.2.2 Normas federales de evidencia—Norma 702

La definición y usos de los testimonios de expertos, que también son aplicables a las personas que realizan exámenes forenses de impresión de crestas de fricción, se expresan en FRE 702. En la actualidad, la norma establece:

Si el conocimiento especializado de científicos, técnicos, u otro que ayuden al juzgador de los hechos para comprender la evidencia o para determinar un hecho en cuestión, un testigo calificado como un experto en el conocimiento, habilidad, experiencia, entrenamiento o educación, puede

declarar a la misma en el forma de una opinión o de lo contrario, si (1) el testimonio se basa en hechos o datos suficientes, (2) el testimonio es el producto de los principios y métodos fiables, y (3) el testigo ha aplicado los principios y métodos de forma fiable a la hechos del caso. (Reforma 17 de abril 2000, ef. 01 de diciembre de 2000.) (FRE, 2004, pág. 13).

La norma abarca una serie de cuestiones. En el orden en que se mencionan en la regla, cada uno será discutido, primero en un sentido general, y luego aplicando al experto exámenes de impresión de crestas de fricción. El propósito fundamental de la Regla 702 es determinar si tiene estatus de testigo expertos y se les permitirá ofrecer un testimonio u opinión.

13.2.2.1 Calificaciones del testigo experto. Un testigo que va a ofrecer testimonio de opinión primero se debe demostrar ser calificado como un experto. Ese paso implica al experto tomando el estrado, siendo juramentado para decir la verdad y dar respuestas a las preguntas formuladas por un abogado en relación a la competencia de la testigo. A la conclusión del testimonio directo, el abogado presentando al testigo ordinariamente se moverá que el testigo sea reconocido por el tribunal como un experto. Al abogado contrario se le da la oportunidad de interrogar al testigo para impugnar sus calificaciones como experto. Al término de este proceso, el juez decide si el testigo puede ofrecer opinión testimonio como experto. Al decidir, el juez puede limitar la medida en que se le permitirá el experto a declarar. El jurado no tiene ningún papel en esta etapa preliminar; la determinación de si un testigo que es ofrecido, califica como un experto, es una decisión legal. (El proceso se refiere a veces como el examen preliminar de un experto.)

13.2.2.2 Testimonio sobre los hechos de un caso. Es sólo después de que la fase previa de calificación del testimonio como experto es completada, que el testigo puede ofrecer opiniones sobre el caso en el que el testigo fue llamado a la corte. En un juicio con jurado, los jurados actúan como árbitros de los hechos. Cuando los hechos están en disputa, los miembros del jurado deciden lo que ellos creen que sucedió. Cuando los expertos dan testimonio, los miembros del jurado en última instancia decidirán también si van a aceptar las opiniones expresadas por los expertos como hechos verdaderos. Antes de que los miembros del jurado deliberen, el juez les instruye que tienen la libertad de creer o no creer, ya sea en su totalidad o en parte, la declaración



de un testigo, incluyendo un experto. La instrucción de credibilidad de los testigos y peritos muestra lo importante que es para el perito ofrecer testimonio conciso, creíble, comprensible y convincente.

13.2.2.3 ¿El examen de la impresión de crestas de fricción es una ciencia? Las primeras siete palabras de FRE 702, “Si el conocimiento científico, técnico u otra especialidad,” evocan una pregunta inmediata para el experto: ¿Una impresión de cresta de fricción forense es un examen de conocimientos científicos, técnicos, especializados, o una combinación de dos o tres de estas opciones? La pregunta puede ser lógicamente seguida con varias más: ¿Es importante distinguir entre ellos y elegir sólo uno?, ¿El tribunal requiere que el experto declare bajo qué aspecto de la regla el experto pretende declarar?

Estas preguntas han sido contestadas por la Corte Suprema de Estados Unidos en su decisión de *Kumho Tire Co. vs Carmichael*, 526 U.S. 137, 119 S. Ct. 1167 (1999). El tribunal declaró claramente que los mismos criterios utilizados en *Daubert vs Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.*, 509 U.S. 579, 113 S. Ct. 2786 (1993), para determinar si el testimonio ofrecido como el conocimiento científico es fiable también debe regir la admisibilidad del testimonio bajo los “otros conocimientos especializados” y “técnicos” y de la Regla 702, en la medida en que estos criterios pueden ser aplicables a los mismos. (*Daubert* y *Kumho Tire* se discuten más a fondo en las secciones 13.3.1.3 y 13.3.1.4.) Por lo tanto, distinguir entre la ciencia, la ciencia aplicada, la tecnología, o la experiencia basada en la experiencia aplicada no es lo más importante, o incluso necesario. (Estos dos casos importantes serán revisados más tarde en una discusión de desafíos a la admisibilidad de las pruebas de huellas dactilares.)

Aunque el asunto “ciencia contra la experiencia” puede no ser importante en la Regla 702 es, sin embargo, una pregunta intrigante que merece mayor discusión. Si uno postula que la disciplina del examen de impresión de cresta de fricción representa la “ciencia”, a continuación, *Daubert* requiere una demostración de las bases científicas que conforman la disciplina fiable. ¿Un examen forense de impresión de cresta de fricción es un emprendimiento científico, como por ejemplo, la química o la biología?, ¿Se trata más de un campo técnico aplicado y basado en varias ciencias?

El SWGFAST, un organismo reconocido encargado de formular directrices para la disciplina de los examinadores

de impresiones de crestas de fricción, postula que el examen forense de impresión de la cresta de fricción “es una ciencia aplicada basada en el fundamento de singularidad biológica, permanencia y validación empírica a través de la observación” (SWGFAST Press Kit, 2004). Esto es lógico cuando uno entiende que las premisas fundamentales sobre las cuales la impresión de crestas de fricción “individualizaciones” (identificaciones) se basan en (1) el carácter singular crestas de fricción y (2) la persistencia de los arreglos de crestas de fricción. Sin una comprensión de los aspectos biológicos que subyacen a la formación de crestas de fricción antes de nacer, los expertos nunca estarían justificados a llegar a una conclusión, fiable o no, que una individualización se ha efectuado (por ejemplo, una identificación positiva de un individuo que fue la fuente de un impresión con exclusión de todas las demás personas posibles). Así, la posición de SWGFAST apoya la afirmación que el examen forense de impresión de crestas de fricción es científica.

¿Pero es posible que el examen forense de impresión de crestas de fricción también sea técnico? Por otra parte, ¿también requiere de conocimiento especializado y la formación por parte de los expertos? Cualquier experto entrenado para la competencia en los exámenes forenses de impresión de crestas de fricción ciertamente admitirá que, además de sus fundamentos científicos, la tarea en cuestión también requiere un conocimiento técnico especializado si se ha de lograr una conclusión fiable. Por lo tanto, los exámenes forenses de impresión de crestas de fricción se pueden presentar como cualquiera o todos las tres ramas contenidos en FRE 702.

13.2.2.4 ¿A quiénes debe convencer el perito?

La siguiente frase en FRE 702 indica que el experto, a través de testimonios, se espera que para ayudar: sea el “investigador de hechos.” Debido a las Reglas Federales de Evidencia, y por lo tanto FRE 702, aplicar si el experto da testimonio en una audiencia previa al juicio o en el propio juicio, el experto debe entender que en una audiencia previa al juicio de admisibilidad basado en un desafío *Daubert*, el juez también actúa como el investigador de hechos. El testimonio de expertos en dicha audiencia se proporciona únicamente para ayudar al juez a determinar si el desafío *Daubert* se mantendrá o se desechará.

El dictamen pericial rendido en el juicio, en contraste, se dirige inicialmente al juez para la determinación de si el testigo califica como un experto y, una vez que se considera como apto, a continuación, al jurado, en su caso, con el

propósito de presentar los resultados, conclusiones y dictámenes periciales obtenidos durante el proceso de examen. En un juicio (banca) sin jurado el juez también actuará como el investigador de hechos.

13.2.2.5 Al testificar acerca de calificaciones. La siguiente frase en FRE 702 estados, “un testigo calificado como un experto en el conocimiento, habilidad, experiencia, entrenamiento o educación, puede declarar a la misma en la forma de un dictamen o de otra manera.” Esta frase describe cómo los tribunales han de determinar si uno es un experto como dicho. El experto tiene que estar preparado para identificar información específica para cada uno de los cinco criterios que figuran en la regla: el conocimiento, la habilidad, la experiencia, la formación y la educación. Un experto bien preparado debe tener los detalles pertinentes para estos criterios que figuran en el currículum vitae.

El testimonio directo sobre las calificaciones normalmente incluye un recital de la educación de la persona (formal o no); formación especializada recibida, incluyendo información detallada de la naturaleza, la duración, y el detalle de la formación; las certificaciones profesionales obtenidas; educación continua llevada a cabo; composición y actividades de las sociedades profesionales; premios recibidos; materiales escritos preparados y cursos enseñados; y el anterior testimonio experto que ofreció.

Las personas que buscan calificar como peritos tienen que actualizar continuamente su currículum para que los abogados que tratan de presentar su testimonio tengan una copia exacta disponible para el tribunal. Así, un currículum vitae bien escrito y profesional sirve de sobre manera para lo que de otra forma puede ser un largo proceso de calificación y, así evitar algunas preguntas del interrogatorio por el abogado contrario en relación con las calificaciones de los expertos. Un impresionante currículum vitae en realidad puede resultar que la defensa estipule a las calificaciones de los peritos. Bajo este escenario, el abogado contrario toma una decisión estratégica consciente de estipular de manera que el juez y el jurado no serán excesivamente influenciados por credenciales impresionantes. Hay otras razones en las que la defensa puede estipular a la calificación de los expertos (por ejemplo, un simple deseo de ahorrar tiempo, sin intención de disputar agresivamente testimonio del experto en un esfuerzo por minimizar su importancia, o bien, cuando la identificación de huellas dactilares es indiscutible, como en autodefensa o defensa de un caso de demencia).

13.2.2.6 ¿Se justifica la opinión del testimonio experto?

La pregunta final de si el testimonio de expertos se justifica en absoluto en un caso en particular requiere que el juez lo determine, desde una perspectiva de sentido común, si una persona laica no entrenada (juez o jurado) presentado con pruebas, puede de hecho determinar lo que pasó solo, sin asistencia de un experto. Si es así, entonces la opinión de expertos no se justifica. Pero si la opinión del experto sería útil para la investigación de los hechos en la comprensión de la importancia de los datos fácticos es evidencia esencial y opinión, el perito es admisible.

13.2.2.7 Requisitos adicionales del FRE 702 revisado.

Una vez que el juez determine que un experto está capacitado para prestar opinión de evidencia bajo FRE 702, a continuación, el experto puede testificar. En abril de 2000 (en vigor desde diciembre de 2000), las Reglas Federales de Evidencia fueron modificadas para incluir tres requisitos adicionales que también deben cumplirse. Son “(1) el testimonio está (debe ser) basado en hechos o datos suficientes; (2) el testimonio es el producto de los principios y métodos fiables; y (3) el testigo ha aplicado los principios y métodos de forma fiable a los hechos el caso.” Estos tres requisitos se han añadido por el comité FRE para conformar opinión testimonio de los mandatos de las decisiones *Daubert* y *Kumho Tire*. La revisión hace que sea más fácil presentar el testimonio de expertos científicos y técnicos eficaces siempre que se justifique tal evidencia y también proporciona una base para excluir opinión testimonio del que no se puede decir que se basa en una metodología fiable.

El primero de estos tres requisitos exige que el testimonio del experto esté basado sobre una base suficiente que apoye una conclusión fiable. En condiciones ideales, hechos o datos conocidos se presentarían con claras respuestas directas y estarían basados totalmente en mediciones objetivas. La realidad es que esto ocurre raramente. De hecho, es en la naturaleza de la ciencia que algunos principios se mantienen en una zona gris donde un grado de subjetividad es inevitable. ¿Cuántos datos y hechos son necesarios para que el juez pueda encontrar una base “suficiente” para la opinión? Esa pregunta sigue siendo objeto de debate entre los estudiosos del derecho.

¿Qué dice la ciencia forense de los exámenes de impresión de crestas de fricción que le ofrecen al tribunal en ese mismo tema de suficiencia? Se ha establecido por sólidos y repetidos estudios que la evidencia del examen de crestas de fricción permita la asociación no controvertida de



un individuo en particular con una escena o un objeto en particular. Si la escena u objeto es parte de un crimen, la evidencia de individualización sin duda ofrece una conexión lógica con un caso, lo que permite a un jurado para sacar conclusiones acerca de la culpabilidad o inocencia de la persona individualizada.

El segundo requisito pregunta si el testimonio será el producto de los principios y métodos fiables. Aquí, el experto no sólo debe ser capaz de establecer los principios y los métodos utilizados, pero estar familiarizado con cualquier investigación o prueba que ha demostrado la fiabilidad. En este sentido, el examen de crestas de fricción sigue una metodología SWGFAST aprobada y establecida diseñada para conducir a conclusiones fiables y verificables si la metodología prescrita es seguida por un examinador competente.

El tercer requisito exige que el testigo haya aplicado los principios y métodos de forma fiable a los hechos del caso. Aquí el tribunal debe determinar si todo lo que el testigo declaró que anteriormente en relación con el primer y segundo requisitos se adhirió a en el caso particular. Sería un error de proporciones monumentales de un experto el exponer los detalles del proceso específico en la satisfacción de la primera y segunda requisitos y luego abandonar completamente el proceso para el caso que nos ocupa.

Hay que reconocer, sin embargo, que de vez en cuando las excepciones a la utilización de los procesos recomendados están validadas, de hecho necesarias, por las circunstancias particulares de un caso. Metodologías y protocolos de exámenes están diseñados para tratar con el curso normal de una investigación en la medida en que un curso “normal” puede ser anticipado. La naturaleza de la actividad delictiva en ocasiones no siempre sigue los caminos previstos. Desviarse de procesos “estándar” recomendados requiere una gran cantidad de pensamiento y experiencia por parte de un examinador, pero la justificación de la desviación siempre debe estar claramente documentada en las notas del examinador.

13.2.3 Normas federales de evidencia— Norma 703

La FRE 703, la base de la opinión testimonio de expertos, señala:

Los hechos o datos en el caso particular en la que un experto basa una opinión o inferencia pueden

ser aquellos percibidos o puestos en conocimiento del experto durante o antes de la audiencia. Si de un tipo del que los expertos confían mucho en el campo en particular en la formación de opiniones o inferencia sobre el tema, los hechos o datos no tienen que ser admisible como prueba a fin de que la opinión o inferencia para ser admitidos. Los hechos o datos que son de otro modo admisibles no se dan a conocer al jurado por el proponente de la opinión o inferencia a menos que el tribunal determine que su valor probatorio en la asistencia al jurado para evaluar la opinión del experto sustancialmente mayor que su efecto perjudicial.

Esta norma describe los diferentes tipos de testimonio que los expertos pueden ofrecer.

13.2.3.1 Testimonio sobre conocimiento de primera

mano. La pregunta hipotética. Un experto, como cualquier testigo de hecho ordinario, puede dar testimonio de las observaciones del experto al haber realizado el examen de las pruebas, los métodos utilizados y los datos fácticos que se encuentran, y luego expresar una opinión derivada de tal conocimiento de primera mano que posee el experto. Esa es una de las formas tradicionales de testimonios de expertos. Pero, además, la primera frase del FRE 703 también permite a un experto ofrecer opiniones sobre hechos de los que el experto no puede haber conocido antes de venir a la corte, pero de la que el experto fue informado en la audiencia o juicio. Eso es lo que se conoce como la típica “pregunta hipotética” en el que un experto se le pidió que asumiera una serie de hechos declarados por el examinador directo (o interrogador) y, después de que estos hechos se han establecido, se le pide al experto si él o ella tiene una opinión basada en estos hechos. Estas dos formas de prueba pericial durante mucho tiempo han sido sancionadas por el derecho común de las pruebas.

13.2.3.2 Testimonio sobre la base de informes o reconocimientos hechos por otros.

La segunda frase de la Regla 703 representa un cambio de lo que antes era ley. Es un cambio que aún hoy en día no se sigue en todas las jurisdicciones. Normalmente, si un experto ha llegado a una opinión basada en hechos que le fueron dichos por otra persona, la base para que la opinión es “de oídas”; y a la vez, tal opinión no era admisible en la mayoría de las jurisdicciones estatales y federales.

Cuando las Reglas Federales de Evidencia fueron escritas, los redactores decidieron acabar con esta prohibición de ya

largo tiempo y permitir la opinión de testimonios basados en decires, siempre que el decir es del tipo que los expertos en el campo en particular dependen para tomar decisiones profesionales ordinarias en sus carreras. En virtud de esta parte de la norma, por ejemplo, los médicos están autorizados a declarar a los informes de rayos X recibidos de un técnico en rayos X o la información contenida en los informes de las enfermeras sin antes tener que llamar al técnico de rayos X o la enfermera a la corte. Dentro o fuera de los hospitales, los médicos se basan en los informes para tomar decisiones de vida o muerte, y los redactores de la FRE decidieron centrarse en la fiabilidad de las pruebas que determinen los profesionales en el campo, en lugar de como se determina simplemente por normas técnicas como la prohibición de la ley común sobre la utilización de testimonios de decires. Por lo tanto, la FRE amplió considerablemente el alcance potencial de la prueba pericial. FRE 703 ahora permite a profesionales valerse de los informes de los demás sin tener que llamar a cualquiera de estos “otros” como testigos, siempre que el hacerlo sea una práctica reconocida en su disciplina.

La última frase del FRE 703 establece que la información proporcionada a los peritos por terceros que no están en la corte no necesita ni siquiera ser demostrado de ser independientemente admisible como evidencia. Pero el juez decide si el jurado debe ser informado acerca de que las pruebas potencialmente inadmisibles. Por ejemplo, un investigador de la escena del crimen revela una huella latente en la escena del crimen, presenta un levantamiento o una fotografía de la huella latente al laboratorio, y luego le hace saber al experto el cómo y qué método se utilizó para procesar la evidencia. En tal caso, el experto puede testificar en cuanto al método de revelado utilizado por el investigador a pesar de que el experto no estaba presente cuando la huella latente se hizo visible. Tal testimonio de oídas inadmisible podrá ser presentado al jurado si, en opinión del juez, su valor probatorio en asistir al jurado para evaluar la opinión del experto es sustancialmente mayor que cualquier efecto perjudicial que pueda tener.

13.2.4 Normas federales de evidencia— Norma 701

La FRE 701 en los testimonios de opinión de testigos laicos afirma que:

Si el testigo no está testificando en calidad de experto, el testimonio del testigo en forma de

opiniones o inferencias se limita a las opiniones o inferencias que son (a) de manera racional basado en la percepción de los testigos, y (b) útiles a una clara comprensión del testimonio del testigo o la determinación de un hecho en cuestión, y (c) no se basa en el conocimiento científico, técnico o especializado en el ámbito de la Norma 702.

La intención de FRE 701 es proporcionar un contraste para una mejor comprensión de FRE 702. FRE 701 describe las condiciones en las que incluso un no experto puede dar testimonio de una opinión o sacar una conclusión a partir de hechos conocidos.

En términos generales, testigos laicos (no expertos) pueden ofrecer testimonio de opinión en aquellos casos en que sus opiniones son (1) racionalmente basados en su percepción y (2) cuando el hacerlo sería útil para el jurado. Por lo tanto, los testigos no expertos pueden ofrecer el tipo de opiniones que las personas ordinarias harían en su vida cotidiana. Los testigos laicos que declaran pueden proferir opiniones como “estaba borracho,” o “que iba demasiado rápido,” o “yo podía oír todo a través de la pared y estaban teniendo una discusión”.

Sin embargo, la ley prohíbe a los laicos el ofrecer comentarios sobre la cuestión última que se determinara. Por ejemplo, una opinión que “el demandado fue negligente” no se considera que es “útil” a los miembros del jurado en la formación de sus propias conclusiones (más bien, intenta sacar la conclusión para ellos) y por lo tanto no está permitido. Puede ser que todas las personas que hayan presenciado el mismo suceso habrían llegado a la misma conclusión, y por lo tanto, la opinión se basaba en la percepción racional. Sin embargo, el tipo de opinión de un testigo laico que va a la cuestión última no está permitida bajo la Regla 701. La ley es diferente para el testimonio de expertos. Regla 704 (a) de la FRE dispone específicamente que “el testimonio en forma de una opinión o inferencia de otro modo admisible no es objetable, ya que comprende una cuestión final que se decidirá por el juzgador de los hechos.” Esta disposición efectúa un cambio de la prohibición de derecho común contra opiniones “asunto final” de todos los testigos. Esta prohibición ya había sido erosionada significativamente en muchas jurisdicciones, al menos para el testimonio de expertos, en el momento de que la FRE se redactó. Sólo hay una excepción en donde la FRE 704 en el testimonio de expertos mantiene la prohibición de testimonio de asunto final y que es para expertos en conducta que declaren en cuanto al estado



mental de un acusado en los casos penales. Se añadió esta excepción como FRE 704 (b) en 1984 después de una batalla de expertos en psiquiatría en el juicio de John Hinckley, acusado de intentar asesinar al presidente Reagan, resulto en la absolución de Hinckley.

La última disposición de FRE 701, apartado “c,” deja claro que la necesidad de probar la fiabilidad del verdadero testimonio experto bajo *Daubert* y *Kumho Tire* no se puede evitar buscando ofrecer el dictamen como opinión laica bajo FRE 701. Aunque una persona puede ofrecer un testimonio tanto como un experto y como laico en el mismo caso, la enmienda de 2000 a FRE 701, que añade el apartado “c,” deja claro que cualquier parte del testimonio que se basa en “científico, técnico, u otro conocimiento especializado” se regirá por FRE 702, y no por FRE 701. La admisibilidad de opinión testimonios de expertos por un examinador crestas de fricción y sobre los exámenes de crestas de fricción se rige por la norma 702. No se puede calificar como una opinión laica.

13.2.5 Las instrucciones del Juez al jurado

Durante el litigio, cada parte tendrá la oportunidad de solicitar cuales instrucciones deberán de ser enviadas al jurado. El juez decidirá qué instrucciones finales se presentarán al jurado. Estas instrucciones cubrirán temas adecuados para el testimonio proporcionado y las acusaciones proferidas. Si se proporciona el testimonio de testigos expertos, es casi seguro que el juez incluirá instrucciones con respecto a este tipo de testimonio también. La siguiente es una instrucción al jurado típica relacionada con el testimonio de testigos expertos:

Ustedes han oído el testimonio de expertos en este caso. La credibilidad o valor del testimonio de un testigo experto es para que ustedes la consideren, así como lo es su deber de juzgar la credibilidad o el valor del testimonio de los demás testigos que han escuchado o pruebas que han visto. Ustedes no están obligados a aceptar el testimonio de expertos como cierto, y pueden pesar y dar crédito al testimonio de los peritos así como al de otros testigos, y darle el peso que ustedes piensan que este se merezca. (Adaptado de instrucciones al jurado modelo aprobado por varias jurisdicciones.)

Tal instrucción normalmente se da al jurado después de haber sido instruido de que es el único juez de la credibilidad de

todas las pruebas que han escuchado y que pueden aceptar o rechazar la declaración de un testigo, en su totalidad o en parte, si el jurado considera tal evidencia (o cualquier parte de ella) de ser poco convincente o no digno de fe. Una o más instrucciones adicionales sobre el deber del jurado en cuanto al pesaje de pruebas podrán ser dadas.

También es admisible que el juez complemente la instrucción al jurado con disposiciones especiales del perito estándar más propio de un caso en particular. Sin embargo, en la carga del jurado, el juez no puede referirse a la declaración de un testigo en particular y puede no destacar ciertos testimonios o pruebas.

Cursos de formación para expertos en huellas dactilares deben incluir un conocimiento de estas instrucciones al jurado, ya que puede resultar en la alteración de cómo el experto articula cierta información durante su testimonio, especialmente si un experto de la defensa también testificará.

13.2.6 El perito e información de probable destitución

Hay tres casos significativos que ordenan que información debe la fiscalía proporcionar a la defensa. Dos de estos casos se aplican de manera uniforme en todo el país como una cuestión de derecho constitucional; el tercero fue decidido por el Noveno Tribunal de Circuito de Apelaciones en una decisión inédita, que por lo tanto, técnicamente no tiene derecho a valor de precedente. Los dos primeros casos son *Brady vs Maryland*, 373 U.S. 83 (1963) y *Giglio vs United States*, 405 U.S. 150 (1972). El tercero es *United States vs Henthorn*, 930 F.2d 920 (9th Cir 1991), afirmando *United States vs Henthorn*, 931 F.2d 29 (9th Cir. 1991).

En *Brady vs Maryland*, la Corte Suprema de los Estados Unidos dictaminó que toda persona acusada de un asunto penal tiene derecho a ser notificado de cualquier información potencialmente exculpatória dentro del control del fiscal que pueda ser favorable para el acusado y puede ser material ya sea para culpa o castigo. La materialidad de la prueba significa que hay una probabilidad razonable de que si hubiese sido la evidencia revelada en un proceso, el resultado del procedimiento hubiera sido diferente. Si la fiscalía esta incierta de, si ciertos materiales solicitados por la defensa deben ser revelados, puede pedirle a la corte inspeccionar el material en cámaras para tomar esa determinación.

En efecto, si un experto en huellas dactilares sabe de cualquier información de un examen de la evidencia que podría considerarse exculpatória para el acusado, dicha información debe ser proporcionada al fiscal y, en última instancia, a la Corte y la defensa.

En *Giglio vs United States*, la Corte Suprema de Estados Unidos dictaminó que el gobierno está constitucionalmente obligado a revelar cualquier evidencia favorable a la defensa que pueda afectar la culpa o el castigo del acusado, incluyendo cualquier información que pueda influir en la credibilidad de sus testigos, aun cuando el acusado no solicitara dicha información.

En *United States vs Henthorn*, el Tribunal de Circuito de Apelaciones del Noveno Circuito dictaminó que el gobierno tiene la obligación de revisar los expedientes del personal de sus funcionarios a testificar y dar a conocer a la defensa de cualquier información que pueda ser favorable para el acusado, que cumpla con las normas apropiadas de la materialidad. Obviamente, esta es la información que iría a las cualificaciones de los expertos. Cuestiones como los errores del pasado, reentrenamiento requerido, o cualquier acto que pueda reflejar en la integridad y credibilidad del experto son susceptibles a este fallo. Aunque esto no es una regla de la Suprema Corte de Estados Unidos, está siendo seguido ampliamente por otras jurisdicciones.

13.2.7 Normas federales de procedimiento penal—Norma 16

Las normas federales de procedimiento penal establecen los lineamientos para una amplia gama de cuestiones. Una de estas normas de especial interés para los peritos de huellas dactilares es la Norma 16, pruebas e inspección, y en concreto, la Norma 16 (a) (1) (F), informes de exámenes y pruebas y (G) testigos expertos. A diferencia del material constitucionalmente requerido a revelar por las decisiones de la sección anterior (*Brady* y *Giglio*), estas disposiciones de divulgación sólo se aplican en los tribunales federales. Los distintos estados pueden o no pueden tener disposiciones de descubrimiento similares en sus reglamentos de procedimiento.

Norma 16 (a) (1) (F), informes de exámenes y pruebas, afirma:

A petición de un acusado, el gobierno debe permitir que un acusado inspeccione y copie o

fotografie los resultados o informes de cualquier examen físico o mental y de cualquier prueba o experimento científico si:

- (i) el artículo está dentro de la posesión, custodia o control del gobierno;
- (ii) el fiscal del gobierno sabe o a través de la debida diligencia podría saber que existe el artículo;
- y
- (iii) la información es importante para la preparación de la defensa o el gobierno tiene la intención de utilizar el artículo en su caso principal en el juicio.

Regla 16 (a) (1) (G), *Perito Experto*, afirma:

A petición del acusado, el gobierno debe dar al acusado un resumen escrito de cualquier testimonio que el gobierno tiene la intención de utilizar en las Reglas 702, 703, ó 705 de las Reglas Federales de Evidencia en su caso principal en el juicio. Si el gobierno solicita el descubrimiento bajo la subdivisión (b) (1) (C) (ii) y el acusado cumple, el gobierno debe, a petición de la parte acusada, dar al acusado un resumen escrito del testimonio de que el gobierno tiene la intención de utilizar bajo las Reglas 702, 703, o 705 de las Normas Federales de evidencia como evidencia en el juicio sobre la cuestión del estado mental del acusado. El resumen provisto en el presente párrafo debe describir las opiniones del testigo, las bases y los motivos de dichos dictámenes y las calificaciones del testigo.

Se desprende de la redacción de estas dos subsecciones a la Norma 16 que los expertos en huellas dactilares deben estar preparados para proporcionar copias de sus documentos de examen y proporcionar un informe escrito que establece las bases de sus conclusiones y opiniones. En general, la mayoría de los informes de laboratorios forenses exponen las conclusiones, pero rara vez la base de las conclusiones está incluida. Por lo tanto, los peritos deben ser conscientes de la regla 16, y estar preparados para responder a las solicitudes de descubrimiento bajo la regla 16.

Recientemente, los abogados defensores que presenten solicitudes de la Regla 16 de descubrimiento respecto a la



identificación de huellas dactilares y el testimonio de expertos han incluido no sólo la divulgación de las bases para la identificación, sino también información sobre las bases científicas de la disciplina de huellas dactilares. Esto, por supuesto, va directamente a la cuestión *Daubert*, que se discute más adelante en este capítulo. El perito tendrá que estar preparado para presentar en forma concisa la información relacionada con el *Daubert* en un informe sucinto.

Por último, el inciso (G) establece la necesidad de proporcionar información precisa sobre las calificaciones de los testigos. Como se discutió anteriormente con FRE 702, al experto en huellas dactilares le sería de buen servicio el mantener un currículum vitae actualizado que podría ser proporcionado de forma rápida en el cumplimiento de una petición de la regla 16.

Un tercer inciso del artículo 16 también tiene aplicación directa a los peritos de huellas dactilares. Esta es la regla 16 (a) (1) (D), los antecedentes penales del acusado, y afirma:

A petición de un acusado, el gobierno debe proporcionar al acusado con una copia de los antecedentes penales del acusado que estén dentro de la posesión, custodia o control del gobierno si el abogado para el gobierno sabe o través la debida diligencia podría saber que existe el registro. Debido a que la mayoría de las dependencias de la ley en los Estados Unidos se basan en registros de huellas dactilares para asimilar la actividad de arrestos previos, este inciso de la norma es muy importante para el oficial de registro y el experto en huellas dactilares. A menudo, se proporciona el registro de arresto al acusado y poca atención se le da al hecho de que las huellas dactilares son la base para el registro de arrestos de este individuo.

Sin embargo, con el advenimiento de los desafíos *Daubert* a los exámenes de huellas latentes, es posible que desafíos similares puedan venir a este aspecto de la disciplina de huellas dactilares también. Se cree que los registros de huellas dactilares podrán soportar fácilmente un reto tal, debido a que estas huellas dactilares se obtienen bajo condiciones controladas, con el individuo detenido, que está presente para cada grabación o detención. Se están realizando actividades recientes dentro de la disciplina de huellas dactilares para reforzar aún más la disciplina en estos asuntos. Por ejemplo, la Asociación Internacional

para la Identificación ha implementado un programa de certificación de decadactilares para examinadores de huellas dactilares, para aquellas personas que estarían testificando sobre tales registros de detención. Este testimonio se basa en las huellas dactilares del acusado que se registraron durante el proceso de registro después de cada detención para demostrar que la misma persona fue arrestada en cada caso, independientemente de los nombres, alias u otra documentación falsa la persona puede haber proporcionado. Esta certificación de los examinadores de huellas dactilares proporcionará a los tribunales con una medida significativa de la competencia de las calificaciones de los expertos.

13.2.8 Otras reglas federales de evidencia que se refieren a las huellas dactilares y testimonio experto relacionado

Las conclusiones alcanzadas por el experto que realiza un examen de huellas latentes forense normalmente no pueden establecerse hasta que la evidencia ha sido admitida. Aunque la responsabilidad de presentar el testimonio del experto en los tribunales recae en el fiscal para garantizar que la base de la evidencia se establece correctamente, el perito, al testificar, debe permanecer dentro de los límites del testimonio permisible de la corte.

Los laboratorios forenses deben tener procedimientos operativos estándar, junto con un programa de garantía de calidad que provee la integridad de las pruebas. Cuestiones tales como la cadena de custodia y la seguridad de la evidencia desde el momento en que inicialmente se recibe a la vez que deja el laboratorio son cruciales para asegurar que las pruebas serán admitidas en la corte.

FRE 401 exige que la evidencia sea relevante para el caso que nos ocupa. Aunque esto puede parecer obvio, su intención es la de evitar la introducción de pruebas de que no sirven para ningún beneficio en la determinación de las cuestiones finales en el caso. FRE 401 define las pruebas pertinentes como "evidencia que tiene tendencia a hacer que la existencia de todo hecho que es consecuencia de la determinación de la acción más probable o menos probable de lo que sería sin la evidencia".

FRE 403 permite a un juez el excluir cierta evidencia relevante como una cuestión de discreción judicial. La norma establece que "... la evidencia [relevante] puede ser excluida si su valor probatorio es sustancialmente superado por el peligro de

perjuicio injusto, la confusión de los temas, o inducir a error al jurado, o por consideraciones de demoras indebidas, pérdida de tiempo, o la presentación innecesaria de pruebas acumulativas” FRE 402 redondea el asunto simplemente diciendo que las pruebas inconducentes son inadmisibles.

FRE 201 aborda el tema de la notificación judicial de los hechos adjudicativos. Cuando el tribunal tiene conocimiento de oficio de un determinado hecho, el proponente de ese hecho está exento de la prueba del hecho. Notificación judicial de un cierto hecho agrega un peso considerable a la evidencia, ya que normalmente se acompaña de una explicación para el jurado que puede tomar el hecho señalado como probada y que no se requiere más evidencia sobre este punto. Sin embargo, hay limitaciones en el tipo de evidencia de que un juez puede observar judicialmente. FRE 201 establece:

Un hecho de conocimiento judicial debe ser uno que no está sujeto a controversia razonable porque está ya sea (1) generalmente conocido dentro de la jurisdicción territorial del tribunal de primera instancia o (2) capaz de determinar con precisión y listo a través de fuentes cuya exactitud no se pueden razonablemente cuestionar.

En *United States vs Mitchell* (discutido más a fondo en la sección 13.3.2.1), la primera audiencia *Daubert* desafiando la ciencia de las huellas dactilares, el juez J. Curtis Joyner tomó conocimiento de oficio que la piel con crestas de fricción es única y permanente, incluso para áreas pequeñas. Este fallo afirmó que es un error por la corte de apelaciones. Aunque la singularidad de patrones de los dedos llenos de la piel de fricción puede ser observada correctamente judicialmente y el hecho es apoyado de hecho por evidencia biológica sólida por supuesto, incluso la defensa por lo general ya no lo desafía, el tema en *Mitchell* era si las pequeñas áreas de una impresión latente eran también únicas.

Este hecho no pudo establecerse con certeza porque su prueba requería la presentación de pruebas contradictorias sobre la mayor parte de una semana. Por lo tanto, la singularidad de impresiones de crestas de fricción incompletas y parcialmente distorsionadas no es uno que un tribunal podría notar judicialmente. Por lo tanto, es importante que la singularidad de huellas latentes parciales se explique rigurosamente por el perito, ya que es fundamental en el establecimiento de los fundamentos para afirmar que las conclusiones de las huellas dactilares, incluso parciales

sólo pueden tener las tres posibles respuestas según lo establecido por las normas para SWGFAST para conclusión: la individualización, exclusión o comparación inconcluyente (SWGFAST, 2004, 358-359).

Artículo X, reglas de 1001 hasta 1008, de la FRE aborda el contenido de los escritos, grabaciones y fotografías. Estas normas establecen las definiciones y los requisitos en cuanto a lo que constituye originales o duplicados y la admisibilidad de cada uno, incluso si el original se ha perdido o destruido. La documentación del examen de caso de un perito en huellas dactilares se rige por estas normas, así como cualquier fotografía de las huellas latentes, las búsquedas en AFIS y ejemplares conocidos de un expediente de la detención (véase también FRE 902 (4), autenticación, *copias certificadas de los registros públicos*).

El FRE gobierna la mayoría de los aspectos de la presentación de pruebas y conseguir que se admitan con éxito. El programa de formación de peritos en huellas dactilares debe incluir una discusión de estas bases. Este conocimiento sin duda ayudará al examinador a tener la evidencia y el testimonio resultantes con respecto a las pruebas admitidas.

13.3 Retos *Daubert* a la “Toma de Huellas Dactilares”

13.3.1 El origen legal

13.3.1.1 *Frye vs United States*. A principios del siglo pasado, a un investigador se le ocurrió la idea de combinar la noción instintiva de las personas sobre los cambios corporales que se producen cuando se intenta engañar con un dispositivo médico que fue diseñado para medir la presión arterial. El dispositivo era una manga de presión arterial sistólica; el hombre era William Marston, quien en 1917, afirma que era capaz de decir—de una manera objetiva y mediante la aplicación de un método “científico”—si una persona se dedicaba al engaño verbal.

Después de que James Adolphus *Frye* fue acusado de asesinato en el Distrito de Columbia y mantuvo que era inocente, a Marston se le pidió examinar a *Frye*. Después de colocar la manga de presión arterial sistólica y preguntándole a *Frye* una serie de preguntas, Marston estaba dispuesto a testificar que *Frye* hablaba con la verdad cuando negó el conocimiento del delito y profesaba su



inocencia. La “prueba de engaño de presión arterial sistólica”, esencialmente un precursor bastante crudo del polígrafo moderno, le había revelado este hecho al supuesto experto. Pero el tribunal no permitió que Marston testificara. En la apelación, la cuestión era si el tribunal de primera instancia se había equivocado al negarse a permitir a Marston el declarar sobre el resultado de la prueba. La decisión de apelación se convirtió en la base de un principio jurídico muy importante que continúa teniendo un impacto en la opinión testimonios de expertos de tipos muy diferentes que la detección de la mentira: es el caso de *Frye vs United States*, 293 F. 1013 (D.C. Cir. 1923).

El tribunal de *Frye* sugiere cómo los tribunales que contemplen la posibilidad de admitir testimonio de expertos novedoso deberían proceder:

Justo cuando un principio científico o descubrimiento cruza la línea entre las etapas experimentales y demostrables es difícil de definir. En algún lugar de esta zona de penumbra, la fuerza probatoria del principio debe ser reconocida, y si bien los tribunales deben recorrer un largo camino en la admisión de testimonios de expertos que se deduce de un principio científico bien reconocido o descubrimiento, la cosa de la que está hecha la deducción *debe ser suficientemente demostrada para que haya ganado la aceptación general en el ámbito en el que debe estar.* (Énfasis añadido.)

El tribunal llegó a la conclusión de que la prueba del polígrafo aún no había ganado tal aceptación general en las disciplinas de la fisiología humana y la psicología; estos fueron los campos a los que el tribunal cree que el “detector de mentiras” pertenecía.

Uno podría preguntarse lo que los tribunales utilizaron como pruebas para decidir si admitir el testimonio novedoso de un experto antes de *Frye*. La admisibilidad de la evidencia científica en realidad dependía de si la persona que se ofrecía como testigo queriendo expresar una opinión testimonio estaba calificado como experto. Si el testigo lo era, entonces esa persona era típicamente competente para emitir testimonios de opinión expertos. Y, antes de la decisión de 1923 de *Frye*, que la competencia se mide en gran parte por el éxito del experto en la vida real. Si una persona se ganaba la vida vendiendo su conocimiento en el mercado, entonces esa persona sería considerado un experto que podía testificar en el juicio. Aunque no es

muy sofisticado, este principio temprano de “aceptación del mercado” (un concepto que podríamos, en el lenguaje post-*Daubert*, equiparar a una forma temprana de la revisión por pares) sirvió a la ley de una manera más o menos aceptable por un gran número de años.

Inicialmente, el veredicto *Frye* evoco poco interés. Citado sólo como la regla que sostuvo que “detector de mentiras” (polígrafo) la evidencia era inadmisibile, la opinión fue ignorada por la mayoría de los tribunales, lo que no es sorprendente teniendo en cuenta que era de sólo dos páginas de extensión y no contenía citas de autoridad u otras precedentes judiciales para apoyar el nuevo principio sorprendente que fue anunciado.

Sin embargo, cuando los laboratorios de criminalística de la década de 1960, impulsados por los programas de asistencia federal masiva, comenzaron a inundar las salas de audiencias con nuevos tipos de testimonios de expertos en la era de la post Segunda Guerra Mundial, *Frye* fue pronto redescubierto y se aplicó a una amplia variedad de diferentes tipos de testimonios de opinión de expertos. *Frye* fue, sin embargo, aplicado principalmente en los casos penales; en el momento de la decisión *Daubert*, la Prueba de *Frye* sólo se había discutido en dos casos civiles: *Christopher vs Allied-Signal Corp.*, 503 U.S. 912 (1992) y *Mustafa vs United States*, 479 U.S. 953 (1986). Pero en los casos penales, reinó supremo. En poco tiempo, se utilizó la prueba de *Frye* para determinar la admisibilidad de opiniones derivadas de registros de voz, análisis de activación de neutrones, pruebas de residuos de disparo, comparaciones de marca de mordida, cuestionado con pentotal sódico (“suero de la verdad”), análisis de escaneo del microscopio electrónico, y muchos otros campos.

13.3.1.2 La aprobación de la Ley Federal 702. Con la aprobación de la Corte Suprema de Estados Unidos, el Congreso aprobó la FRE en 1975. Se pusieron en vigor el 1 de julio de 1975, para todos los tribunales federales. Las reglas a partir de entonces sirvieron como modelo para la reforma de la ley y para apartarse de las normas de derecho común bastante rígidas de pruebas en un número significativo de estados también. La FRE 702 lidia particularmente con el testimonio de expertos. Proporcionó, en el momento de su aprobación:

Si el conocimiento especializado de científicos, técnicos, u otro que ayuden al juzgador de los hechos para comprender la evidencia o para deter-

minar un hecho en cuestión, un testigo calificado como un experto pro del conocimiento, habilidad, experiencia, entrenamiento o educación, puede declarar a la misma en la forma de una opinión o de lo contrario. (Regla Federal de Evidencia 702, ya promulgada por primera vez en 1975.)

Esta regla de la evidencia, cuando se toma junto con otras Reglas Federales, se refiere a veces como basada en un estándar “relevancia general” liberal de la admisibilidad. Trata a la evidencia científica novedosa lo mismo que cualquier otra evidencia: la evidencia era admisible en su caso, en virtud de la FRE 401, si tenía “alguna tendencia a la existencia de todo hecho que es de importancia para la determinación de la acción más probable o menos probable de lo que sería sin la evidencia” (FRE, 2004, pág. 3).

Por lo tanto, la FRE no contenía ninguna norma especial que, cuando se trate de pruebas “científicas”, novedosa o de lo contrario, aseguró que el testimonio basado en la ciencia es fiable y, por tanto, admisible. Toda la evidencia era admisible si era relevante, siempre que su uso en la corte no se ve compensado por un perjuicio indebido, engañosa del jurado, o que requieren un consumo excesivo de tiempo.

El FRE también no distinguía entre la admisibilidad de la prueba pericial en materia penal, a diferencia de los casos civiles. Aplicaron el mismo estándar de admisibilidad, excepto en algunas situaciones que se destinan o conforman por principios constitucionales específicamente.

El siguiente paso en la evolución jurídica se produjo en 1993, cuando la Corte Suprema de Estados Unidos dictó una decisión trascendental que cambiaría drásticamente el panorama de la prueba pericial. Esa decisión fue *Daubert vs Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.* *Daubert* más tarde fue seguido por otro caso judicial importante, *Kumho Tire vs Carmichael*. Tanto *Daubert* como *Kumho Tire* surgieron de juicios civiles.

[Nota del autor: A medida que el siguiente análisis de la jurisprudencia aparece en un documento no legal, citas internas para todas las citas no se suministraran con el fin de facilitar la lectura.]

13.3.1.3 *Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals.* En *Daubert*, dos infantes demandaron a la compañía farmacéutica acusada, alegando que sufrieron defectos congénitos de reducción de extremidades como consecuencia de la ingesta de la droga Bendectin por parte de su madre,

el cual era fabricado por la parte demandada. El fármaco se administró a la madre de los demandantes durante el embarazo con el fin de luchar contra la náusea matutina.

El acusado, *Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.*, se trasladó para el juicio sumario en el tribunal de primera instancia, alegando que Bendectin no causa defectos de nacimiento en seres humanos. En apoyo de su movimiento, Steven H. Lamm, médico y epidemiólogo con credenciales impresionantes que habían servido como consultor epidemiología de defectos de nacimiento para el Centro Nacional de Estadísticas de Salud, declaró que había revisado toda la literatura relevante y que en ningún estudio encontró que Bendectin causó defectos congénitos humanos.

Curiosamente, los demandantes no negaron la caracterización del Dr. Lamm de la literatura médica o su conclusión sobre la falta de una conexión causal entre las drogas y los defectos de nacimiento. Sin embargo, los demandantes respondieron, al ofrecer el testimonio de ocho expertos igualmente con buenas credenciales-propias, que habían llegado a la conclusión de que Bendectin puede causar defectos de nacimiento. Sus conclusiones se basan en estudios de células animales, estudios en animales vivos y los análisis de la estructura química. También basaron sus conclusiones en nuevos cálculos de los datos de los estudios en los que el argumento de la demandada se posaba.

El tribunal de distrito estuvo de acuerdo con el acusado y le concedió la moción para juicio sumario. El tribunal llegó a la conclusión de que, sobre la base de la enorme cantidad de datos epidemiológicos que habían llegado a la conclusión de que Bendectin no causó defectos de nacimiento, que en contra de la opinión de expertos de los demandantes, no era admisible para establecer la relación de causalidad, porque la metodología de los expertos no era “suficientemente establecida para tener aceptación general en el campo al que pertenece” (opinión de la Corte de Distrito de EE.UU., informó a 727 F. Supp. 570, 572 (S.D. Cal. 1989)). Además, los expertos de los demandantes realizaron nuevos cálculos y estos eran inadmisibles porque ninguno de estos había sido publicado ni sometido a revisión por pares.

El Tribunal de Apelaciones del Noveno Circuito de Estados Unidos confirmó el fallo del tribunal de distrito porque la evidencia de los demandantes fue “generada únicamente para el uso en litigio” en lugar de basarse en criterios públicos y el conocimiento científico revisado por pares (*Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.*, 951 F.2d



1128 (9th Cir. 1991)). La Corte Suprema de Estados Unidos accedió a revisar esta decisión debido a las “profundas divisiones entre los tribunales con respecto a la norma adecuada para la admisión de testimonios de expertos”.

Un tribunal unánime celebró, simplemente, que *Frye* no sobrevivió a la promulgación de las Reglas Federales de Evidencia y que la admisibilidad de la evidencia científica debe ser juzgada de acuerdo con la norma de la prueba FRE de relevancia. El tribunal declaró que norma de aceptación de *Frye* “rígida” general estaba en conflicto con el “empuje liberal” de la FRE y su “enfoque general de relajar las barreras tradicionales al testimonio de opinión”. El tribunal consideró que la “estándar austera” de *Frye* de aceptación general, estar “ausente de e incompatibles con las Reglas Federales de Evidencia”, ya no se considera como la guía para admitir el testimonio basado en la novedad de “conocimiento científico”.

En la interpretación de FRE 702, el tribunal *Daubert* afirmó que si un litigante impugna la admisibilidad de la evidencia científica, es la función del tribunal de primera instancia para que actúe como un guardián para determinar si las pruebas de opinión ofrecidas son “pertinentes” y “confiables”.

Para guiar a los tribunales de distrito, la Corte Suprema de Estados Unidos articula varios factores “flexibles” que debe considerar al decidir si un campo científico era suficientemente fiable como para justificar la admisión de pruebas opinión basadas en la disciplina.

En 1999, la Suprema Corte de E.U. aplicó el requisito *Daubert* como prueba de confiabilidad para todas las formas de testimonio de opinión de expertos—ya sea que esté basado en ciencia, ciencia aplicada, tecnología, habilidad o experiencia—al momento de dictaminar en lo referente al caso *Kumho Tire*.

13.3.1.4 *Kumho Tire Corp. vs Carmichael*. El demandante Carmichael presentó una demanda de responsabilidad contra un fabricante de neumáticos (*Kumho Tire*) y un distribuidor de neumáticos (Samyang Tires, Inc.) por lesiones sufridas al momento en que el neumático trasero derecho de su auto reventó e hizo que el vehículo volcara, matando así a uno de los pasajeros e hiriendo a otros. El demandante trató de demostrar la relación de causalidad entre el accidente y el neumático defectuoso al presentar la declaración de un “analista en el malfuncionamiento de llantas” que quería dar testimonio de que en su opinión, la explosión había sido causada por un defecto de fabricación

o diseño del neumático. El neumático se sometió a una “inspección visual y táctil” para llegar a dicha conclusión. El acusado, *Kumho Tire*, solicitó excluir el testimonio del experto argumentando que la metodología del testigo no cumplió con FRE 702 ni la decisión *Daubert*. El tribunal de distrito excluyó la evidencia puesto que no encontró indicios suficientes de veracidad en la metodología del experto. Al mismo tiempo, el tribunal, al igual que el tribunal de primera instancia en *Daubert*, también accedió a la petición de los acusados para un juicio sumario.

Sin embargo, el tribunal de apelación intermedio revocó la revisión del tema de si la decisión del tribunal de primera instancia para aplicar la norma *Daubert* a este caso era el apropiado o no. No consideró que lo fuera, y dijo que la Suprema Corte de los E.E.U.U. había tenido la intención de aplicar la norma *Daubert* sólo al “conocimiento científico” y no a la “habilidad, u observación basada en la experiencia”.

El tema de si la norma *Daubert* se debía o no aplicar a todo testimonio de experto fue una cuestión que hizo que los tribunales de primera instancia se dividieran en su interpretación y desató un intenso debate sobre lo que constituía ciencia y lo que no calificaban como conocimiento científico. El co-acusado *Kumho Tire* solicitó una revisión por parte de la Suprema Corte de Estados Unidos, que accedió a determinar si la norma *Daubert* aplicaba a los expertos en los campos “técnicos” o de otros “conocimientos especializados”. La FRE 702 incluye opiniones de expertos en esas áreas.

El tribunal sostuvo que el requisito *Daubert* de prueba de confiabilidad no se limitaba al conocimiento científico, aunque esa era la forma en que la cuestión se había presentado en *Daubert*. Declaró, “[E]l idioma [de FRE 702] no hace distinción relevante entre conocimiento “científico” y “técnico” u “otro conocimiento especializado.” El tribunal añadió que *Daubert* y las reglas de evidencia dejan claro que todos los expertos pueden dar testimonio de opiniones, incluyendo las que no se basan en el conocimiento de primera mano o la observación.

Por lo tanto, sin temor a equivocarse, el tribunal sostuvo que la obligación impuesta a los jueces de primera instancia por la norma *Daubert*, para actuar como guardianes de la veracidad de pruebas periciales aplicadas por igual a todos los testimonios de opinión por parte de expertos, incluso en las áreas en donde la opinión de éstos se basa más en la habilidad y en la experiencia y esto es importante, incluso en los casos relacionados con campos de experiencia que

ya han sido reconocidos judicialmente como flexibles para la recepción de testimonios de opinión pericial. El tribunal dijo que exigir que los jueces de primera instancia establecieran una diferencia entre el conocimiento científico y el conocimiento técnico u otro conocimiento especializado haría difícil su trabajo de “guardián”, si no es que imposible. El tribunal explicó:

No hay una línea clara que divida a uno de los demás. Las disciplinas como la ingeniería se apoyan en el conocimiento científico. La propia teoría científica pura puede depender, para su desarrollo, de la observación y de maquinaria correctamente diseñada. Los esfuerzos conceptuales para distinguir entre las dos difícilmente producen líneas jurídicas claras y susceptibles de aplicarse en casos particulares (*Kumho Tire Co. vs Carmichael*, 526 U.S. en 148, 119 S. Ct. en 1175).

¿Significa esto también que todos los factores de *Daubert* se deben aplicar al peritaje técnico o al peritaje basado en la experiencia? El tribunal respondió a esa pregunta afirmando que los factores se podrán aplicar a dicho conocimiento de expertos. Esto es obvio, partiendo de la descripción de la corte de *Daubert* sobre los factores de pruebas, revisión entre pares, tasa de errores conocidos y la aceptación general, así como dominio del uso de una investigación flexible. Pero el tribunal luego enfatizó: “Estamos de acuerdo con el Procurador General en que los factores identificados en *Daubert* pueden o no ser pertinentes en la evaluación de confiabilidad, dependiendo de la naturaleza del asunto, experiencia particular del perito, como del tema de su testimonio.” Por la misma razón, los factores *Daubert* pueden ser útiles para evaluar la fiabilidad de algunas formas de peritaje. Aquí tenemos una cita muy importante tomada de la opinión de *Kumho Tire* sobre los científicos forenses:

Daubert no es lo contrario. Queda claro que su lista de factores estaba destinada a ser útil, más no definitiva. En efecto, esos factores no todos se aplican necesariamente en todos los casos en los que se cuestiona la fiabilidad de un testimonio científico. Tal vez no sea sorprendente en un caso particular, por ejemplo, que una demanda hecha por un testigo científico nunca haya sido objeto de revisión entre pares, para la aplicación particular en cuestión, pues puede que nunca antes haya interesado a algún científico. O por otro lado, tampoco la presencia del factor de aceptación general de

Daubert ayudó a mostrar que el testimonio de un perito es confiable cuando la disciplina misma carece de confiabilidad, como por ejemplo, las teorías fundamentadas en cualquiera de los llamados principios generalmente aceptados de la astrología o la nigromancia (*Kumho Tire Co. vs. Carmichael*, 526 U.S. at 151, 119 S. Ct. at 1175).

El tribunal explicó la libertad de los tribunales de primera instancia para decidir cómo poner a prueba la conclusión de un perito y decidir si o cuando las audiencias pertinentes deberán llevarse a cabo para investigar las demandas de fiabilidad. El tribunal dispuso que la investigación de un juez de primera instancia es flexible y que la función de guardián, necesariamente, debe estar ligada a los hechos particulares de un caso. Los factores identificados en *Daubert* no están pensados para fungir como talismán, ni constituyen una lista definitiva o una prueba de fuego. Independientemente de la decisión que un tribunal de primera instancia haga sobre la admisibilidad o inadmisibilidad de las pruebas de opinión ofrecidas, o de hecho, respecto a si la prueba es pertinente, serán juzgados por la norma de “abuso de discreción”.

Al probar este punto, el tribunal hacía hincapié en que después de *Daubert*, pero antes de que la decisión de *Kumho Tire* fuera entregada, la Suprema Corte de E.E.U.U. ya había aplicado la norma de abuso de discreción como la prueba a utilizar al momento de revisar una decisión por parte de un tribunal de distrito, ya sea para recibir o rechazar la admisión de testimonio experto. El caso fue *General Electric Co. vs Joiner*, 522 U.S. 136, 118 S. Ct. 512 (1997). (Esa decisión plantea dudas respecto a si la cuestión de confiabilidad de una técnica podría decidirse de manera distinta en otros tribunales de distrito, y que en apelación, ambos argumentos aparentemente inconsistentes tendrán que confirmarse si en el expediente, el tribunal no abusó de su discreción al tomar su decisión).

¿Qué significan las decisiones en *Daubert* y en *Kumho Tire* para los científicos forenses más allá de los argumentos obvios ya discutidos? Hay por lo menos dos puntos adicionales que demostrar:

1. Significa que la definición de ciencia, el método científico y la evidencia científica ya no se pueden utilizar libremente como los expertos lo han estado haciendo. Ya no es suficiente autoproclamarse científico forense para ser considerado un científico. Ya no es suficiente decir que algo es un tema de ciencia forense para que



un tribunal acepte que se trata de ciencia. Simplemente decirlo no hace que sea verdad. Los tribunales pueden, (y muchos lo harán), exigir a los expertos que demuestren que saben en qué consiste el método científico y proporcionen la base científica de sus conclusiones. De la misma manera, cada disciplina será juzgada por sus propias normas y en su propia experiencia. El modelo de pericia del ADN, de cuya base científica han alardeado tanto los críticos de las ciencias forenses, puede no ser el parámetro con el cual se debería, o necesite juzgar a otras disciplinas.

2. Significa también que los científicos forenses ya no pueden confiar en el hecho de que los tribunales hayan aceptado y admitido desde hace tiempo pruebas de sus conclusiones expertas. El tribunal puede volver a litigar la admisibilidad de un cierto tipo de prueba pericial si un litigante sostiene argumentos creíbles de que no ha habido ninguna investigación científica previa en relación con la validez de los supuestos sobre los cuales un campo forense se ha apoyado por largo tiempo. Las décadas de precedentes judiciales ya no descartan la revisión aunque la jurisprudencia existente satisfaga a *Daubert* y *Kumho Tire*. Las disciplinas forenses reconocidas por largo tiempo han sido y están siendo cuestionadas, y esto es sólo el comienzo.

13.3.1.5 Los factores *Daubert* y su relación con la

prueba *Frye* de “aceptación general”. Cómo establecer la “confiabilidad” de *Daubert* sigue siendo un tema de controversia. El tribunal explicó este requisito en las siguientes palabras:

Por lo general, una pregunta clave que se plantea al determinar si una teoría o técnica es o no conocimiento científico que ayude al juez de hechos, será si puede ser (y ha sido) comprobada. La metodología científica hoy es lo que distingue a la ciencia de otros campos de la investigación humana... [Citas internas del Tribunal omitidas].

Otra consideración pertinente es si la teoría o técnica se ha sometido a revisión paritaria y publicación. La publicación (que no es más que un elemento de la revisión paritaria) no es una condición *sine qua non* de la admisibilidad; no se correlaciona necesariamente con la fiabilidad... Algunas proposiciones, incluso, son demasiado particulares, demasiado nuevas, o de interés demasiado limitado para ser publicadas. Pero el

someterse al escrutinio de la comunidad científica es un elemento de “buena ciencia,” que se debe en parte a que aumenta la probabilidad de que los defectos sustanciales en la metodología sean detectados. [Citas internas omitidas]. El hecho de que se publique (o no) en un diario sujeto a revisión paritaria, será por lo tanto una consideración relevante, aunque no determinante, en la evaluación de la validez científica de una técnica o metodología particular en la que se basa su opinión.

Además, en el caso de una técnica científica en particular, el tribunal comúnmente debe considerar el error conocido o potencial, . . . [citas internas omitidas] y la existencia y mantenimiento de las normas que controlan el funcionamiento de la técnica [citas internas omitidas].

Por último, la “aceptación general” puede todavía tener relación con la investigación. Una “evaluación de confiabilidad no requiere, aunque sí permite la identificación explícita de una comunidad científica relevante y una determinación expresa con particular grado de aceptación dentro de la comunidad” (*Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals Inc.*, 509 U.S. 579; 593-594).

Examinando los factores *Daubert* más de cerca, se hace evidente que un factor para determinar si la evidencia es “conocimiento científico,” es si una teoría o técnica puede, o ha sido probada por un organismo científico. Sin embargo, este aspecto se hizo menos importante, incluso tal vez totalmente irrelevante, después de la decisión de *Kumho Tire*, en la que el tribunal aplicó la prueba de confiabilidad requerida de *Daubert* a todo testimonio de perito, incluyendo los testimonios periciales basados en tecnología, en habilidad o en experiencia.

Luego de que la Suprema Corte de Estados Unidos determinara sobre el caso *Daubert*, el Congreso aprobó una enmienda a la FRE (Norma Federal de Evidencia) 702 en 2000 para incorporar las preocupaciones expresadas en el caso antes mencionado, así como en el caso *Kumho Tire*. Al final del texto original de FRE 702 (citado anteriormente en la sección 13.3.1.2), el Congreso agregó el idioma siguiente (remplazando así el punto después de “otra manera” con una coma y prosiguiendo como se muestra a continuación):

si (1) el testimonio se basa en hechos o información

suficiente. (2) el testimonio es producto de principios y métodos confiables, y (3) el testigo ha aplicado los principios y métodos de forma confiable a los hechos del caso. (Reforma del 17 de abril, 2000, vigente a partir del 1 de diciembre de 2000.)

13.3.1.6 El efecto de *Daubert* en procesos penales en los distintos estados. El FRE aplica para todos los procedimientos en los tribunales federales. Debido a la cuestión de que el significado de las reglas de evidencia no implica derechos constitucionales federales, la decisión *Daubert* tenía como objetivo aplicarse sólo como una guía interpretativa para la FRE en tribunales federales. Sin embargo, las decisiones de la Suprema Corte de Estados Unidos respecto al testimonio de expertos han tenido también un impacto significativo en la ley estatal de evidencias. Muchos estados tienen códigos o normas para evidencia plasmadas en la FRE. La mayoría—aunque no todos—de estos estados eligieron seguir las interpretaciones de *Daubert* y *Kumho Tire*, a manera de interpretar su propia ley estatal equivalente a la FRE 702.

Algunos estados que siguieron la regla *Frye* de aceptación general antes de 1993 no estuvieron de acuerdo con las nuevas decisiones de la Suprema Corte de los Estados Unidos, a pesar de que esos estados sí tenían reglas de evidencia basadas en la FRE. Estos estados rechazaron, después de *Daubert*, las normas más flexibles de este último y ordenaron estricto apego a *Frye* como el estándar para la admisibilidad de evidencia científica nueva. De hecho, algunos estados que nunca siguieron explícitamente la regla *Frye* en el pasado, han sido persuadidos para adoptarlo desde entonces. En muchos de los estados que no cuentan con reglas para evidencia que se basen en FRE, y en donde la jurisprudencia ha adoptado la prueba de *Frye* para la admisibilidad de pruebas periciales antes de 1993, la prueba *Frye* sigue vigente como una prueba independiente para la admisibilidad.

Por supuesto, a pesar de que *Frye* fue nominalmente descartada en los tribunales federales, *Frye* sobrevive como uno de los cuatro factores principales *Daubert*. La única diferencia en la aplicación de la “vieja” norma y su equivalente moderno es que algunos tribunales estatales y federales aún tienden a analizar la decisión de admisibilidad en términos de jurisprudencia pre-*Daubert*.

Las razones para rechazar los principios *Daubert* y la decisión de retener la aceptación general como único

criterio de admisibilidad, se pueden encontrar en la firme creencia de que los conceptos de relevancia generales de *Daubert* son demasiado flexibles, demasiado indulgentes o demasiado fáciles de satisfacer—no se ha demostrado que esta proposición sea verdad al interpretar la ley en algunas jurisdicciones de *Daubert*,—y en que considerar el enfoque más conservador de aceptación general como el único estándar, es mejor para detectar evidencia poco confiable. Por lo tanto, en el caso *State vs Bible*, 175 Ariz. 549, 589, 858 P.2d 1152, 1181 (1993), el tribunal declaró que era más probable que *Frye* evitara asignar la difícil tarea de evaluar el valor de testimonios científicos a los jueces o jurados no científicos, dejando así la decisión respecto a la validez científica del testimonio de opinión de los expertos en manos de los compañeros.

Los representantes de los estados que expresamente rechazaron a *Daubert* y que optaron por adherirse a la norma *Frye* fueron Arizona, Colorado, Florida, Illinois, Kansas, Misuri, Nebraska, New Hampshire y Washington. Algunos otros estados (por ejemplo, California) conservaron su norma tipo-*Frye* sin rechazar expresamente a *Daubert*. Y otros (por ejemplo, Massachusetts) igualmente conservaron la venerable norma *Frye*, pero incorporaron una investigación tipo-*Daubert* para algunos casos (como se explica en la discusión del 2005 *Commonwealth vs Patterson* decisión en la sección 13.3.2.5).

Es claro que quienes explicaron las consecuencias de la decisión *Daubert* acerca de que *Frye* estaba muerto, se basaron en una evaluación prematura. Efectivamente, la regla *Frye*, sigue vigente como principio independiente en algunos estados y como uno de los factores *Daubert* en otros estados y en el sistema federal.

Sin lugar a dudas, *Daubert* ha motivado la continuación de esta tendencia hacia un mayor escrutinio judicial de las evidencias científicas. Si alguna vez existió la creencia de que el rechazo de *Frye* por parte de la Suprema Corte de Estados Unidos, significaría una reducción en el número de audiencias preliminares para determinar la admisibilidad de nueva evidencia científica, se ha demostrado de manera convincente que se trataba de un error. Los tribunales celebran una cantidad de audiencias de propuestas in limine para cuestionar la admisibilidad de opiniones de expertos, en cantidades iguales o mayores, y de una duración igual o mayor a las que tenían lugar antes de 1993.

El hecho de que los factores *Daubert* sean más indulgentes y admitan mayor testimonio de opinión experta que en



el caso *Frye*—una sugerencia hecha por la misma Suprema Corte de Estados Unidos—no ha demostrado ser la manera en que las decisiones de la Corte se están interpretando. A pesar de que la Corte declaró que la nueva norma era un examen más flexible y más fácil de satisfacer comparada con *Frye*, la experiencia ha demostrado hasta ahora que los tribunales de primera instancia tienden a ser más estrictos al momento de juzgar la validez del testimonio de opinión experta en la era post-*Daubert*. Los abogados que presentan nuevos testimonios científicos han tratado de introducir pruebas de manera meticulosa, mediante la presentación de evidencia relacionada con todos los factores de *Daubert*. Aquellos que se oponen a dicha evidencia, de la misma manera han tratado de presentar evidencia para refutar todos los argumentos de sus adversarios. Los tribunales que se rigen por las nuevas reglas son propensos a tomar parte en audiencias más largas con el objetivo de determinar la admisibilidad y escribir opiniones más largas que justifiquen su decisión de admitir o negar la admisión de lo que era el caso hasta ese momento.

13.3.2 Obstáculos *Daubert* contra las “huellas dactilares” después de 1993

13.3.2.1 Obstáculos para la admisibilidad de las individualizaciones de las crestas de fricción. Las primeras impugnaciones para la evidencia forense se presentaron contra los examinadores de documentos forenses (FDEs). Unas cuantas decisiones de la Corte Federal de Distrito de E.E.U.U., en donde la admisibilidad del testimonio de expertos relacionado con la identificación grafológica fue impugnada y dio como resultado que a los expertos se les prohibiera parcialmente testificar, sino hasta la conclusión definitiva, sobre si el acusado había escrito o no, el documento impugnado en cuestión. Sin embargo, en la mayoría de los casos las impugnaciones por inadmisibilidad se rechazaron de manera contundente por los tribunales de primera instancia y la evidencia de identificación grafológica se encontró de conformidad con *Daubert*. Aun cuando a veces se tuvo éxito, los jueces generalmente no excluyeron el testimonio de FDE en su totalidad. Es significativo que, hasta la fecha, ningún tribunal federal de apelaciones ha sostenido que el testimonio de identificación grafológica es inadmisibles por incumplimiento de los requisitos *Daubert* y *Kumho Tire*.

Tal vez envalentonado o animado por el éxito parcial en algunos casos de primera instancia en donde los jueces de distrito prohibieron a los examinadores de documentos

forenses ofrecer sus opiniones respecto a si un escrito en cuestión fue escrito por el acusado, los críticos académicos de las ciencias forenses en general pronto dirigieron su atención a las huellas dactilares. Hay cuatro casos importantes con los que todos los examinadores de impresión de crestas de fricción deben estar familiarizados.

13.3.2.2 *United States vs Mitchell*. La primera impugnación formal de *Daubert* tuvo lugar en el caso de 1999 de *United States vs. Mitchell* (Cr. No. 96-407-1), en donde el juez J. Curtis Joyner denegó la petición in limine de la defensa de para impedir que los expertos en huellas dactilares del gobierno declararan. La decisión del tribunal de primera instancia no se reportó de manera oficial. El Juez Joyner, del Tribunal de Distrito de EE. UU. en Pensilvania, había presidido una audiencia *Daubert* de 5 días en 1999, a cuyo término el juez dictaminó que las pruebas dactilares cumplían con todos los factores *Daubert*. También se registró de manera oficial que las “crestas de fricción humanas son únicas y permanentes en toda la zona de piel con crestas de fricción, incluyendo las pequeñas áreas de crestas de fricción,...” Una vez que las cuestiones probatorias previas al juicio estuvieron listas, Mitchell fue posteriormente juzgado y condenado en el 2000.

Como era de esperarse, apeló. El 29 de abril de 2004, (2 años después de la decisión del tribunal de primera instancia de *Llera Plaza*, por parte de un juez en el mismo distrito [véase más adelante] habían tomado el mundo las huellas dactilares por asalto), el Tribunal de Apelaciones de E.E.U.U. para el tercer circuito, en una opinión escrita por el juez de circuito, Edward R. Becker, juzgó la apelación de Mitchell y sostuvo la condena, así como la conclusión del juez Joyner respecto a que la evidencia de huellas dactilares era admisible. Sin embargo, el tribunal de revisión, sostuvo que el juez Joyner registró indebidamente en actas los aspectos de singularidad y permanencia de las huellas dactilares. La decisión del tribunal de apelaciones se reporta como *United States vs. Mitchell*, 365 F.3d 215 (3rd Cir. 2004), cert. denied 125 S. Ct. 446 (2004). Esto afirmó la admisión de evidencia de huellas dactilares, por parte del tribunal de primera instancia, partiendo de que la disciplina satisfacía los factores *Daubert* de validez.

En esta opinión, el tribunal de apelaciones ignoró un asunto que había sido intensamente debatido en la audiencia *Daubert*—si la identificación de huellas dactilares era una ciencia. Recordemos que la decisión de la Suprema Corte de E.E.U.U. en 1999, en *Kumho Tire*, que había

logrado que fuera innecesario distinguir entre testimonio experto científico y no científico, en la medida en *Kumho Tire* sostenía que la función de guardián del juez de primera instancia al retener evidencia de opinión no confiable fuera del tribunal y aplicada a todas las opiniones de expertos, ya sea que fuera considerada científica, técnica, o basada en experiencia.

El tribunal de apelaciones en el caso *Mitchell* exploró cada uno de los factores *Daubert*. Al hacerlo, la decisión del tribunal, aunque al final favoreció a la fiscalía, no fue abrumadoramente laudatorio.

El primer factor—Comprobabilidad. La comprobabilidad se refiere a “si las premisas en que se basa la identificación de huellas dactilares son comprobables—o mejor aún, ya están comprobadas”. El tribunal concluyó que la disposición de las de crestas de fricción es única y permanente, y que se puede lograr una identificación positiva a partir de huellas digitales que contengan la cantidad y calidad de detalle suficiente; concluyó también que sí eran comprobables y que ya se habían comprobado de varias maneras. En ese sentido, el tribunal hizo referencia a la comparación computarizada AFIS, del FBI; esta base de datos busca coincidencias en 50.000 patrones inclinados hacia la izquierda al compararlos con el registro de otros 50.000 impresiones decadactilares; es un proceso que implica 2.500 millones de comparaciones. El experimento mostró que no había coincidencias en las impresiones procedentes de diferentes dedos. El tribunal hizo referencia a varias otras pruebas, como aquellas relacionadas con las huellas de gemelos idénticos, y al hecho de que una encuesta del FBI mostró que ninguna oficina de identificación estatal había encontrado a dos personas diferentes con la misma huella dactilar.

La segunda parte del factor de comprobabilidad implicó el hecho de que lograr una identificación positiva depende de “huellas dactilares que contengan la cantidad y calidad de detalle suficiente”. El tribunal estaba de alguna manera preocupado por haber abandonado la norma de tener un sistema de puntos y por el hecho de que el FBI se confiara en una “mezcla no especificada y subjetiva cuya escala de ‘cantidad y calidad de los detalles’ es ajustable”, pero dado que el experto del FBI que testificó en la audiencia había identificado 14 puntos de nivel 2 de detalle al momento de comparar la huella del pulgar derecho de Mitchell con la impresión latente en la escena del crimen, el tribunal vio el problema en este caso simplemente como si tener 14

puntos de nivel 2 detalle fuera suficiente para una identificación positiva. Volviendo a la referencia de la verificación computarizada por AFIS con huellas latentes simuladas, (mostrando sólo un quinto del tamaño de una huella dactilar rotada) y la encuesta que mostró que ninguna oficina de identificación había encontrado nunca dos impresiones coincidentes en diferentes dedos, el tribunal consideró esto como “el más firme apoyo para el gobierno en este punto”. Llegó a la conclusión de que las “hipótesis que afianzan la disciplina de identificación de huellas dactilares son comprobables, si acaso en menor medida comprobadas por la experiencia”.

El factor de revisión paritaria. El tribunal no pareció demasiado impresionado por el argumento del gobierno relacionado con que la etapa de verificación de la ACE-V constituye una revisión paritaria efectiva. El Dr. Simon Cole, al testificar para la defensa, sugirió que los examinadores de huellas dactilares han desarrollado una “norma ocupacional de unanimidad” que desalienta la disidencia. Aunque reconocer que la “mística cultural” que acompaña a las huellas dactilares puede infectar el proceso de verificación, el tribunal llegó a la conclusión de que en el panorama general, “el paso de verificación ACE-V puede no ser la revisión paritaria en su mejor forma, pero en perspectiva, el factor de revisión paritaria favorece la admisión” de comparaciones e individualizaciones de crestas fricción.

La tasa de error. Aquí es donde los expertos de ambos bandos libraron la batalla más grande en la audiencia *Daubert*. La corte de apelaciones hizo una distinción entre dos índices de error: falsos positivos y falsos negativos. La defensa incluyó y destacó los errores que los examinadores habían cometido al no hacer las identificaciones que podrían y deberían haber hecho. En ese sentido, el tribunal reconoció que una alta tasa de falsos negativos puede no ser deseable a manera de política policial, pero dijo que “en corte, la tasa de falsos negativos era irrelevante para la admisibilidad de *Daubert* en identificación de huellas dactilares latentes, esta ofrecía demostrar la identificación positiva porque no es probatorio de la confiabilidad del testimonio *para el propósito para el que se ofrece* (es decir, para su capacidad de llevar a cabo una identificación positiva” (cursivas en el original).

Por otra parte, los falsos positivos serían más problemáticos, pero el tribunal concluyó que, “cuando lo que se busca demostrar es esencialmente un negativo (es decir, la ausencia de falsos positivos) parece muy apropiado que



usemos una marco de distribución de carga.” Cuando los expertos gubernamentales declaran no estar al tanto de las identificaciones falsas positivas significativas, la carga de presentar evidencia que lo refute puede razonablemente pasar a la defensa. Aunque la tasa de error no se haya cuantificado con precisión, el tribunal estaba convencido de que los métodos de estimación mostraron que era muy baja. (Este testimonio se produjo antes de la identificación errónea por parte del FBI de Brandon Mayfield en Madrid, España, en el ataque terrorista del tren (Stacey, 2004, pág. 706-718; OIG report 2006).)

El mantenimiento de normas. El tribunal de apelaciones *Mitchell* encontró que esta norma “carecía de algo”. Las normas de procedimiento de ACE-V se consideraron “no sustanciales en comparación con las normas elaboradas y exhaustivamente refinadas encontradas en muchas disciplinas técnicas y científicas”, y el tribunal encontró que este factor “no favorecía la admisión de evidencia (de huellas dactilares)”.

Dicho sea de paso, no es raro que a menudo surja la pregunta que se enfoca en si la subjetividad juega un papel en la decisión final respecto a que dos impresiones fueron producidas por la misma piel, y en la misma línea, si la subjetividad resta confiabilidad. Al comparar impresiones latentes de origen desconocido con otras impresiones de origen conocido para determinar si una hay “coincidencia”, cierta subjetividad se ve involucrada, pero los factores que guían el ejercicio del juicio se mencionan claramente en las observaciones detalladas necesarias para hacerse al seguir los tres primeros pasos del ACE-V. El enfoque comúnmente propuesto por la crítica, que sostiene que las huellas dactilares no representan un proceso científico simplemente porque algunos juicios subjetivos se ven implicados al momento de declarar coincidencias, ya había sido rechazado por el juez Louis H. Pollak en el caso *Llera Plaza II*. Citó una declaración de Lord Rooker, del Reino Unido, quien dijo: “Al determinar si una huella latente o impresión dejada en la escena del crimen y una huella digital han sido hechas por la misma persona, un examinador de huellas digitales debe aplicar criterios establecidos al llevar a cabo su comparación. Los criterios son objetivos y pueden ser comprobados y verificados por otros expertos” (*Llera Plaza II*, 188 F.Supp.2d at 569). Y aunque a veces critica las técnicas de identificación de huellas dactilares, la segunda opinión en *Llera Plaza* concluye que ACE-V cumplía con los requisitos de *Daubert* y *Kumho Tire* para la prueba de confiabilidad (*Llera Plaza II*, 188 F. Supp. 2d at 575).

Pero la pregunta retórica permanece: ¿Es posible decir que es científica una opinión que se obtuvo sin estudios de probabilidad estadística? El experto defensor Dr. David Stoney reunió testigos científicos expertos que declaraban en favor del gobierno en el caso *Mitchell* y *Llera Plaza II* al expresar la opinión de que una profesión puede involucrarse en actividades científicas a pesar de la ausencia de apoyo estadístico. Esto no es nuevo para la comunidad científica, en la que la ausencia de estudios de probabilidad estadística no necesariamente etiqueta al proceso como poco confiable o no científico. Stoney declaró que la ciencia es algo válido que se puede mostrar equivocado, y que ACE-V puede ser fácilmente comprobado mediante la revisión de la evidencia por otras personas calificadas.

El factor de aceptación general. Es poco lo que se necesita decir respecto a este factor que el tribunal encontró claramente a favor de aceptar la evidencia.

Para concluir, la decisión del tribunal de apelaciones de *Mitchell* fue que en el registro que se le presentó, un análisis de los factores de *Daubert* mostraba que “la mayoría de los factores apoyaban (o al menos no estaban en contra de) admitir la evidencia del gobierno” en lo referente a individualizaciones de crestas de fricción. Así, se sostuvo que el tribunal de distrito no abusaba de su discreción al admitirlo.

De ninguna manera esto representa un gran apoyo, aun cuando pueda verse como tal en el efecto práctico que seguramente tendrá la opinión. La decisión de *Mitchell* abordaba otros varios asuntos:

Tasa de errores individuales de los examinadores. El primer y quizás el más importante asunto tiene que ver con la recomendación del Tribunal de que, en casos futuros, los fiscales buscan mostrar la tasa de error individual de los peritos examinadores testigos. La Academia Nacional de Ciencias ha abordado adecuadamente la cuestión de las tasas de error confusas de los médicos y las tasas de error metodológico al discutir esta cuestión en relación con el ADN. Dado que su posición está bien declarada y es aplicable a cualquiera de las ciencias forenses, no hace falta más discusión aquí. Lo que se tiene que entender es que la distinción entre la forma en que la comunidad científica académica quiere definir la tasa de errores, y lo que *Daubert* requiere puede no ser lo mismo. Se ha discutido que la Suprema Corte de Estados Unidos se equivocó y debe modificar su decisión para asegurar que el médico

está incluido. Otros se oponen a este cambio, ya que complicaría aún más la responsabilidad de guardián del juez.

Las voces de la crítica. Un comentario adicional por parte del tribunal sugirió que no hubiera limitación en los derechos de la defensa para presentar el testimonio de expertos. A este respecto, el Tribunal señaló, “Los expertos con opiniones diametralmente opuestas pueden tener buenas bases para sus puntos de vista, y un tribunal de distrito puede que no declare ganadores o perdedores con su elección de a cuales expertos admitir, cuando todos los expertos están calificados” (Enfatizado). Pero el tribunal fue más allá y dijo que si había alguna duda sobre la competencia de un experto sobre un tema determinado, el tribunal errará al “admitir evidencia alguna que tenga cierto potencial para ayudar al juez de hechos”. Se dedicó mucho espacio en la última parte de la opinión de la corte para la discusión de las limitaciones que se cree que se han impuesto en el testimonio de algunos expertos de la defensa. No deben imponerse limitaciones, dijo el tribunal. Lo que salvó el caso de una inversión en ese momento fue tal vez el fracaso de la defensa para eficazmente sostener sus objeciones.

¿Continuarán las audiencias Daubert? El tribunal *Mitchell* abordó el tema más adelante en lo referente a si habrá más o menos audiencias *Daubert* en el futuro. Al respecto, la opinión del tribunal fue oscura de algún modo. Primero, dijo que su decisión sobre *Mitchell* no anunció “una regla categórica para que la prueba de identificación de huellas dactilares latentes sea admisible en este circuito”. Pero luego también dijo que nada en la opinión “debe entenderse como que se requieren extensas audiencias *Daubert* en cada caso que involucra pruebas de huellas dactilares latentes”. Para confundir aún más (o tal vez para aclarar) lo que sucedió antes, la opinión luego declaró que “un tribunal de distrito no abusaría de su discreción al limitar, en un caso apropiado, el alcance de las audiencias *Daubert* para nuevas impugnaciones a la admisibilidad de evidencia de identificación de huellas dactilares latentes—o incluso prescindir de la audiencia por completo si no se plantean nuevas impugnaciones”. Probablemente lo que esto significa es que los tribunales de distrito del Tercer Circuito ahora se negarán a realizar audiencias *Daubert*, a menos que la defensa plantee argumentos que no hayan sido considerados en el litigio de *Mitchell*.

Aviso judicial de la confiabilidad de la identificación de huellas dactilares. En la audiencia previa al juicio, el

juez de distrito Joyner había incluido en las actas que las “crestas de fricción humanos son únicas. . . incluyendo las pequeñas áreas de crestas de fricción. . .”

¿Qué significa realmente incluir en actas? En lugar de exigir a las partes que presenten prueba de un hecho dado, un tribunal tiene permitido incluir en las actas este hecho sin exigir prueba del mismo si el hecho “no está sujeto a controversia razonable” o “es susceptible de determinación jurídica” por referencia a estudios o informes ya existentes. Aunque ha habido revisiones a las decisiones de los tribunales por parte de tribunales de apelación estatales o supremas cortes que se remontan 40, o más, años de incluir en las actas la singularidad de las huellas dactilares, el tribunal encontró que estas decisiones no sólo no están condicionadas en la corte, sino que son claramente distinguibles, ya que las decisiones trataban de singularidad de las huellas digitales completas.

La singularidad de cada huella no era el problema aquí; el problema era la singularidad de pequeñas áreas de la piel de fricción, de la manera en que suelen ser visibles en una impresión latente. En cuanto a esto, el Tribunal de Apelación consideró que el hecho mismo de que hicieran falta 5 días de testimonios para establecer la singularidad de las pequeñas áreas de la piel con fricción mostró que el hecho no era de ninguna manera de conocimiento general o susceptible de determinación jurídica. Por lo tanto, la inclusión en actas de la resolución del juez Joyner estaba equivocada. En vista de que no parecía probable que esto hubiera alterado el resultado del caso, se consideró que era un error inocuo que no necesitaba revertirse.

13.3.2.3 United States vs Llera Plaza. El segundo caso sumamente significativo del que todos los examinadores de crestas de fricción deberían estar al tanto es el caso *Llera Plaza*. Tal vez el caso ha perdido parte de su efecto persuasivo puesto que al poco tiempo le siguió la decisión del tribunal de apelaciones que afirmaba a *Mitchell*, pero el abogado defensor continuó argumentando que el nivel de crítica en relación con la experiencia en huellas dactilares por parte del Juez Louis H. Pollak en *Llera Plaza* sigue vigente.

Después del primer fallo, el 7 de enero de 2002, en donde el testimonio de expertos del gobierno sobre la cuestión fundamental de si había una coincidencia entre la impresión conocida del acusado y una impresión de la escena del crimen sería inadmisibles (*United States vs. Llera Plaza*, 179



F. Supp. 2d 492 (E.D. Pa., 2002) (*Llera Plaza I*). Juez Pollak, de la Corte Distrital de Estados Unidos para el Distrito este de Pensilvania, reconsideró y revocó su decisión previa 2 después, en lo que ahora se conoce comúnmente como *Llera Plaza II* (*United States vs. Llera Plaza*, 188 F. Supp. 2d 549 (E.D. Pa., 2002)).

¿Por qué revocó su propia decisión? “Brevemente”, escribió, “Cambié de opinión.”

Cuando originalmente tomó la decisión sobre *Llera Plaza*, el juez no había celebrado una audiencia probatoria. Ambas partes habían estipulado que el juez podría considerar el registro generado en el caso *Mitchell*, así como algunos comunicados escritos de los abogados. En su primera orden, el juez registró en las actas la singularidad y permanencia de las huellas dactilares y aceptó “la base teórica de la identificación de huellas dactilares—a saber, una muestra reproducida por una huella latente (es una ‘coincidencia’ de) una impresión rotada constituye una muestra de que tanto la impresión latente como la rotada son huellas dactilares de la misma persona.” Sin embargo, el juez Pollak también sostuvo, en su orden *Llera Plaza I*, que el método ACE-V utilizado generalmente para lograr conclusiones de coincidencia o no coincidencia, no cumplía con los tres primeros factores *Daubert*, y sólo cumplió con el factor de aceptación general en la técnica en contraposición con la comunidad científica de examinadores de huellas dactilares. Por lo tanto, permitiría que los expertos en huellas dactilares tanto de la parte acusadora como de la defensora declararan en todos los exámenes que hubieran realizado en un caso individual, pero impediría que declararan respecto a si las impresiones latentes y entintadas eran o no, de la misma persona.

El gobierno cambió, no sólo para reconsideración del fallo del juez, del 07 de enero de 2002, sino también para solicitar permiso para ampliar el registro mediante la presentación de evidencia adicional. El juez de distrito concedió la moción y las audiencias se llevaron a cabo del 25 al 27 de febrero, 2002. Ambas partes presentaron testimonios adicionales de expertos, después de lo cual el juez hizo su famosa declaración: “cambié de opinión.”

El Juez Pollak admitió que la nueva audiencia ofreció nueva información, o información que no había “digerido previamente”. Aparentemente estaba impresionado de manera particular por el experto del FBI, Stephen Meagher, y experto en defensa, Allan Bayle, quien anteriormente

era miembro de New Scotland Yard y ahora consultor de huellas dactilares. Meagher, cuyo testimonio en el caso *Mitchell* ya había sido leído por el juez, pasó de ser un nombre en una transcripción a “una persona real”. Mientras que Allan Bayle buscaba ayudar a los argumentos de la defensa señalando las deficiencias en el método de evaluación de aptitud anual del FBI, terminó confirmando que la metodología de huellas dactilares del FBI era “esencialmente indistinguible” de la metodología de Scotland Yard ACE-V. Bayle, a quien el juez hizo referencia respetuosamente como “este formidable conocedor y experimentado veterano de la Yard”, testificó que creía en la confiabilidad de la metodología ACE-V “sin reservas”. Claramente, el “formidable conocedor” de la defensa Allan Bayle, terminó ayudando al caso de la fiscalía en el caso en *Llera Plaza II*.

Pese a las continuas reservas del Juez Pollak sobre la controversia de “ciencia” en lo que respecta a la metodología de la huella dactilar al momento de compararla con las normas *Daubert*, el juez decidió que aplicado los mandatos legales expuestos en los casos *Daubert* y *Kumho Tire*, (1) el registro en actas comprenderá la permanencia y la individualidad de los patrones de la piel de fricción (huellas dactilares), y (2) los expertos en la materia tendrán permitido expresar sus opiniones en lo referente a la coincidencia de dos impresiones. Esto ocurrió después de oír o leer las explicaciones de los examinadores con entrenamiento policiaco y los científicos universitarios en los campos de la genética, histología y el desarrollo del feto en relación con los factores biológicos y fisiológicos que dan lugar a patrones de la más alta singularidad durante el desarrollo prenatal de la piel de fricción.

Si la polémica se sigue enfocando en que existen partes inestables en la metodología del examen de crestas de fricción, la discusión no admite la exclusión o limitación de los testimonios, pero encaja perfectamente en la amonestación de *Daubert* por parte de la Suprema Corte de Estados Unidos, “Interrogatorio vigoroso, presentación de pruebas en contra e instrucción cuidadosa sobre la carga de la prueba son los medios tradicionales y apropiados de atacar la evidencia que es débil pero admisible” (*Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.*, 509 U.S. en 596).

Una nota interesante de la decisión de marzo del 2002 del juez Pollak en el caso *Llera Plaza II* es que, al considerar el factor *Daubert* de “publicación y revisión paritaria”, ninguno de los libros científicos u otras publicaciones hechas por científicos fueron citados o usados. Juez Pollak señaló que

los “escritos hasta la fecha” no satisfacen la publicación de *Daubert* en parte porque la voluminosa literatura sobre huellas dactilares no pasó por revisión paritaria. Sin duda, esto causó una tremenda sorpresa para aquellos científicos altamente acreditados y respetados que publicaron estudios, y para los editores de las revistas de referencia en las que muchas de estas publicaciones se aparecieron.

13.3.2.4 *United States vs. Havvard*. El tercer caso notable en las batallas de admisibilidad es *United States vs. Havvard*, 117 F. Supp. 2d 848 (D.C. Ind. 2000), en donde se sostiene que la identificación de huellas dactilares cumple todos los requisitos de *Daubert* y *Kumho Tire*. Esa decisión fue confirmada en *United States vs. Havvard*, 260 F.3d 597 (7th Cir. 2001). Dado que la decisión es “más vieja” que en los dos casos anteriores, y la opinión está disponible en Internet, no se discutirá aquí. Baste decir que este fue el primer caso de tribunal de apelaciones de circuito federal después del caso *Daubert*, que otorgó un sello de aprobación sin reservas a la evidencia de impresiones crestas de fricción.

13.3.2.5 *Commonwealth vs. Patterson*. La Suprema Corte Judicial de Massachusetts decidió el caso *Commonwealth vs. Patterson*, 445 Mass. 626 (2005), el 18 de diciembre de 2005. Al igual que la primera opinión del Juez Pollak en el caso *Llera Plaza*, el caso *Patterson* causó gran preocupación en toda la comunidad de examinadores de evidencia de crestas de fricción. El caso *Patterson* se diferencia de *Llera Plaza* en al menos cuatro aspectos importantes: (1) *Patterson* es una decisión por parte del más alto tribunal de apelaciones del estado, y por lo tanto sienta un precedente condicionante sólo en los tribunales de Massachusetts; (2) la decisión fue unánime y por lo tanto improbable de alterar, a menos que se puedan demostrar avances significativos en la investigación científica sobre los temas en cuestión, ante un tribunal en otro caso sobre los mismos temas; (3) Massachusetts es una jurisdicción *Frye*, pero al decidir la cuestión que se le presentaba, el alto tribunal aplicó los factores *Daubert*, así como la prueba de aceptación general; (4) *Patterson* sólo afectó una aplicación especializada de la metodología de examen de crestas de fricción, es decir, impresiones latentes simultáneas, y dio la aprobación incondicional a la evidencia de individualización normal de impresiones latentes.

Aunque la corte se mostró crítica respecto a uno de los aspectos especializados de la examinación de crestas de fricción, encontró mucho de lo que aprobó. Las individualizaciones

de huellas dactilares, al igual que el método ACE-V, recibieron un gran sello aprobatorio al cumplir con el examen *Frye* y los factores *Daubert*. Incluso, el alto tribunal del estado reconoció SWGFAST como autoridad que establece normas en el campo de las examinaciones de crestas de fricción. Lo que no alcanzó a pasar fue la admisibilidad de lo que se conoce como identificaciones basadas en “impresiones simultáneas” cuando ninguna de las impresiones individuales contiene suficiente información para justificar la individualización independiente.

Objetivamente, el caso no es nada especial. *Patterson* fue identificado como el autor de cuatro impresiones latentes en un coche que se decía que habían sido simultáneamente hechas. Aunque ninguna de las huellas latentes contenía detalles suficientes para la individualización por sí sola, el examinador de huellas latentes del Departamento de Policía de Boston declaró que, en su opinión, todas ellas podrían identificarse como realizadas por el acusado. *Patterson* había sido condenado en un primer juicio, pero la condena fue revertida por motivos no relacionados con la evidencia de huellas digitales y se ordenó un nuevo juicio.

Antes de que el nuevo juicio tuviera lugar, la defensa solicitó prohibir la admisión de pruebas de huellas dactilares en general y particularmente en evidencia de impresiones simultáneas. Una audiencia se celebró en 2005, lo que dio como resultado que el tribunal de primera instancia denegara las mociones de todo tipo por parte de la defensa. En una revisión a la Suprema Corte de Justicia de Massachusetts, ese tribunal confirmó dos partes de la orden del juez y revirtió una parte.

Se llevó a cabo la identificación de huellas dactilares y la metodología de la ACE-V para satisfacer la prueba general de aceptación del fallo *Frye*, así como la evaluación de confiabilidad dictada por *Daubert*, y de esta manera se confirmaron aquellas partes del fallo del juez. Sin embargo, el tribunal superior sostuvo que el Estado no había cumplido con su obligación de demostrar que el proceso de individualización de huellas latentes con menos de la cantidad normal de información necesaria, únicamente porque se dijo que se habían impreso de forma simultánea, tuvo aceptación general en la profesión; tampoco se demostró que el proceso haya sido validado de otro modo ya que no se demostró que existieran estudios en lo referente a impresiones simultáneas.

¿Por qué el tribunal consideró si las individualizaciones basadas en impresiones simultáneas cumplían con los factores de *Daubert* al tiempo que expresaba su voluntad



de continuar a apegándose a *Frye*? Se dijo que si una técnica no puede cumplir con la norma *Frye* por falta de aceptación general probada, un tribunal puede aún considerar si los resultados del experto deberían ser admitidos, y dicha admisión depende de si la técnica puede satisfacer una evaluación más benévola de confiabilidad; es decir, una investigación tipo *Daubert*. Cuando se involucró en este análisis *Daubert*, el tribunal consideró que la individualización de impresiones simultáneas era insuficiente.

El tribunal también decidió que la parte de verificación de ACE-V, a pesar de ser una metodología generalmente aceptada de conformidad con *Frye*, no obstante, no pudo satisfacer el factor *Daubert* de revisión paritaria, porque los verificadores saben que una identificación ya se ha efectuado y también saben el nombre de la parte que ha sido identificada. El tribunal dijo: “Compartimos la consternación del juez con respecto del proceso de verificación en curso.”

Un aspecto importante de la decisión rechaza un mantra en el que los críticos se han apoyado en el pasado. Los críticos de la evidencia de identificación forense han aseverado en repetidas ocasiones que la aceptación general debe ser conferida por una comunidad de científicos, no por los usuarios de la técnica. Esta afirmación fue rechazada. El tribunal supremo de Massachusetts sostuvo que la comunidad de profesionales que juzgan la confiabilidad y la aceptación general de una técnica no necesitan incluir académicos ni científicos de investigación. Mientras la comunidad sea lo suficientemente amplia para que los críticos o aquellos dentro del grupo que estén en desacuerdo tengan la oportunidad de ser escuchados y sus argumentos considerados, la aprobación de la comunidad será suficiente para conferir la aceptación general. El tribunal agregó: “Una comunidad técnica, o una comunidad de expertos que cuentan con algún otro conocimiento especializado, puede calificar como una comunidad *Daubert* relevante, de la misma forma es posible para una comunidad científica.” Se encontró que la comunidad de huellas dactilares cumple con ese requisito.

13.3.2.6 Ideas adicionales en la estela de desafíos.

Aunque hay formas en que algunos aspectos de la comparación de impresiones de crestas de fricción pueden ser legítimamente impugnados, como se vio en el caso *Commonwealth vs. Patterson*, las impugnaciones después de 2005, si los hubiera, probablemente se centrarán muy de cerca en las aplicaciones específicas y cuestiones pequeñas. Las

generalizaciones y condenas grandes de todo lo relacionado con la identificación de huellas dactilares son quizás los ejemplos más claros de análisis no científico que es improbable que ameriten la aprobación del tribunal.

13.4 Reseña Histórico de Huellas Dactilares, Palmares y Plantares en las Tribunales de EE. UU.

La breve sinopsis siguiente en relación con las decisiones tempranas sobre la evidencia de impresiones de crestas de fricción se presenta para proporcionar un recuento histórico de algunos de los primeros casos del tribunal de los Estados Unidos. La mayoría de estos casos son juicios estatales, ya que las huellas dactilares eran generalmente utilizadas por dependencias policiales estatales antes de ser utilizadas ampliamente por dependencias policiales federales. Aunque las huellas dactilares fueron utilizadas por primera vez por la Agencia Federal de Investigaciones (FBI) en 1924 para el establecimiento de registros de arrestos anteriores, no fue hasta 1933 que las huellas digitales fueron utilizadas por el FBI como una herramienta forense en apoyo de las investigaciones penales. Esta parte del capítulo busca reconocer, de la mejor manera posible, algunas de las primeras ocasiones en las que aspectos específicos de evidencia de impresión crestas de fricción fueron aprobadas inicialmente por los tribunales.

13.4.1 Primera decisión de apelación que acepta evidencia de tribunales estadounidenses

People vs. Jennings, 252 Ill. 534, 96 N.E. 1077 (1911)

El acusado Thomas Jennings fue arrestado por asesinato cuando cuatro impresiones de sus dedos de la mano izquierda se descubrieron impresas en pintura fresca en la parte trasera de la casa de la víctima, cerca de la ventana por la que había logrado entrar. La barandilla recién pintada había sido retirada por el Departamento de Policía de Chicago. Jennings fue identificado mediante huellas dactilares en los archivos del Departamento de Policía de Chicago, que se obtuvieron cuando fue arrestado y devuelto a la cárcel por la violación de su libertad condicional. Después de su arresto, se tomaron las huellas digitales de nuevo y, junto con otras pruebas, se usaron ampliaciones de sus huellas digitales como evidencia en el juicio. Cuatro peritos

declararon que, en su opinión, las impresiones sobre la barandilla fueron hechas por Jennings. Luego de su condena Jennings apeló, argumentando básicamente que el campo de las huellas dactilares era demasiado nuevo para dar base a una condena.

La Suprema Corte de Illinois, en una opinión detallada, rechazó las afirmaciones de desacuerdo por parte del acusado en relación con las huellas digitales y confirmó la condena, sosteniendo que las personas con experiencia en la materia de identificación de huellas digitales pueden dar fe de su opinión sobre si las huellas dactilares encontradas en la escena de un crimen se corresponden con los de los acusados. La opinión del juez Orrin N. Carter también declaró:

Estamos dispuestos a apoyarnos en la evidencia. . . y de los escritos a los que nos hemos referido en este tema, respecto a que hay una base científica para el sistema de identificación de huellas dactilares, y que los tribunales están justificados al admitir esta clase de pruebas; este método de identificación se usa de manera tan general y común que los tribunales no pueden negarse incluirlo en el proceso de actas judiciales. . . .

A partir de la evidencia en este archivo estamos dispuestos a sostener que la clasificación de las impresiones de huellas dactilares es una ciencia que requiere estudio. . . . [L]a pruebas en cuestión no figuran dentro de la experiencia común de todos los hombres de educación común en los ámbitos ordinarios de la vida, y por lo tanto la corte y al jurado recibieron ayuda adecuada por parte de testigos de experiencia peculiar y especial sobre este tema.

13.4.2 Admisibilidad de huellas palmares como prueba de identidad

State vs. Kuhl, 42 Nev. 195, 175 P. 190 (1918)

Un conductor del correo de los Estados Unidos fue asesinado en el condado de Elko, Nevada. Una pieza clave de evidencia en contra del acusado Kuhl era un sobre, obtenido de una de los sacos de correos, en la que hubo una sangrienta impresión de la palma de una mano humana. Después de Kuhl y otro fueran arrestados, los expertos determinaron que la huella palmar fue hecha por Kuhl. Se

le declaró culpable de asesinato en primer grado y apeló. Su argumento, como el de Jennings en el caso anterior, sostenía como inapropiadas las pruebas de impresión de palma y también el hecho de que los peritos utilizaran un “proyector” y las imágenes fotográficas ampliadas para ilustrar su testimonio.

La Suprema Corte de Nevada reconoció que las crestas papilares, que forman la base de la individualización de impresiones de huellas dactilares se extienden por toda la palma de la mano y, de hecho, en la planta de los pies. La investigación original hecha acerca de la individualidad de la piel de fricción no se limitó a una examinación de la piel del dedo, sino que también incluye la piel de la superficie palmar de las manos y la superficie plantar de los pies. Al rechazar los argumentos del demandado y confirmar la culpabilidad de Kuhl, la Suprema Corte de Nevada, a través del juez Patrick McCarran, declaró:

Hemos profundizado en el tema de identificación de impresiones palmares y de huellas digitales, en gran parte con el fin lograr que la conclusión indiscutible de que no hay más que una base fisiológica subyacente a este método de identificación evolucione; existe un fenómeno mediante el cual se establece la identidad, no sólo en los bulbos de las puntas de los dedos, pero es continuo y coexiste en todas las partes y en todas las secciones y las subdivisiones de la superficie palmar de la mano humana.

13.4.3 Admisibilidad de huellas plantares como prueba de identidad

Commonwealth vs. Bartolini, 299 Mass. 503, 13 N.E. 2d 382, cert. denied 304 U.S. 562 (1938)

Bartolini había sido identificado como el autor de una impresión única básica encontrada en el suelo de linóleo del baño donde se cometió un asesinato. El tribunal libraba feroces batallas por la admisibilidad de este tipo de pruebas. Varios pioneros en el campo de evidencias de impresión de crestas de fricción fueron llamados como testigos expertos para reforzar el testimonio del experto de la Policía del Estado de Massachusetts que, aunque estaba calificado como experto en huellas dactilares, no se encontró que tuviera la experiencia suficiente con huellas de pies.

Bert Wentworth, quien es coautor del influyente e intelectual libro *Personal Identification*, y Fredrick Kuhne de Nueva



York, que había trabajado como experto en los casos de huellas de bebés en hospitales, testificó que la piel de fricción en las plantas de los pies era tan única como en los dedos y las palmas. Después de escuchar el testimonio de Wentworth y de Kuhne, Bartolini fue condenado. La condena fue confirmada en una opinión relativamente breve. La Corte Suprema de Massachusetts declaró, en parte:

No hubo error al permitir que el experto Wentworth testificara que las huellas de un pie desnudo sobre el linóleo del cuarto de baño en la casa de los fallecidos, fueron hechas por la misma persona que había impreso sus huellas en la estación de policía, identificadas como las del acusado. Hubo mucha evidencia de estudio y conocimiento especial, por parte de este testigo del asunto de huellas del pie, así como de huellas dactilares... También hubo muchas pruebas de que las huellas de los pies, al igual que las huellas dactilares, se mantienen constantes a lo largo de la vida y proporcionan un medio de identificación adecuado y confiable.

13.4.4 Admisibilidad de fotografías de impresiones latentes

State vs. Connors, 87 N.J.L. 419, 94 Atl. 812 (1915)

Estaba permitido mostrar, a través de fotografías, las huellas dactilares halladas en las columnas o postes del balcón de una casa, sin presentar dichas columnas en la corte. Véase también el caso de *State vs. Kuhl*.

13.4.5 La toma de huellas dactilares no es una violación de los derechos constitucionales

En varios casos anteriores, los tribunales sostuvieron que solicitar a un acusado legalmente detenido a proporcionar sus huellas digitales no violaba los derechos constitucionales del acusado. Tal vez uno de los más antiguos fue *State vs. Cerciello*, 86 N.J.L. 309, 90 Atl. 1112 (1914), un caso que involucraba huellas sangrientas encontradas en un hacha en la escena de un asesinato. Al afirmar la condena, el tribunal sostuvo que los derechos del acusado no se habían violado. La más influyente decisión relativamente temprana sobre esta cuestión, sin embargo, fue *United States vs. Kelly*, 55 F. 2d 67 (2d. Cir. 1932).

Luego de ser arrestado por cargos de delito menor por haber vendido ginebra a agentes federales de prohibición, Kelly se sometió a la toma de huellas digitales. Un juez de la Corte de Distrito de Estados Unidos sostuvo, sin embargo, que la toma de huellas dactilares, en ausencia de una ley, violó los derechos constitucionales del acusado y ordenó que las huellas dactilares de Kelly se le devolvieran. El gobierno apeló esta orden y, en un dictamen exhaustivo, el Segundo Tribunal de Circuito de Apelaciones, hablando a través del influyente juez Augustus N. Hand, revocó la corte de distrito, con el fallo de que la toma de huellas dactilares en un arresto legal, incluso en ausencia de una ley que así lo establezca, no viola los derechos constitucionales del arrestado. El juez Hand dijo:

No encontramos ningún motivo en la razón o en la autoridad para interferir con un método de identificación de personas acusadas de delitos, que ahora ha llegado a ser ampliamente conocido y practicado con frecuencia tanto en jurisdicciones en las que hay disposiciones legales que lo regulan, como en donde no existe ninguna sanción además de la *common law*.

[Kelly] argumenta que muchos de los estatutos y las decisiones de los estados de derecho común han admitido las huellas dactilares sólo en casos de delitos graves. Pero, como un medio de identificación es tan útil e importante cuando el delito es menor, y no se puede ver ninguna base válida para su diferenciación. En ninguno de los casos la interferencia con la persona parece suficiente como para conceder que un tribunal sostenga que la impresión de huellas dactilares es injustificable. Realmente puede objetarse sólo por la posibilidad de proporcionar evidencia fehaciente de la culpabilidad de una persona. No resulta más humillante que otros medios de identificación que se han empleado de manera universal tratando de no violar los derechos constitucionales ni del *common law*. La impresión dactilar se utiliza en numerosas ramas de negocios y de la administración pública, y no constituye en sí un estigma de delincuencia. Como una invasión física equivale a casi nada, y como una humillación que nunca puede llegar a tanto como la causada por la publicidad de asistir a una acusación sensacional a la que hombres inocentes pueden tener que someterse.

13.4.6 La evidencia de huellas dactilares por sí sola es suficiente para apoyar una sentencia

Stacy vs. State, 49 Okl. Crim. 154, 292 P. 885 (1930)

El acusado fue condenado principalmente en su identificación como la persona que dejó sus huellas latentes en la puerta de una bóveda que fue violada. Éste sostuvo que una condena basada en la evidencia de las huellas dactilares encontradas en el lugar donde se cometió el crimen, y no corroborado por otros hechos o circunstancias, era insuficiente para sustentar una condena. El tribunal no estuvo de acuerdo y afirmó. Después de terminar una relación detallada de los estudios históricos sobre las huellas dactilares y su utilización como prueba de identidad, el tribunal declaró:

A partir de un examen por parte de las autoridades citadas y otras, parece que se hace alusión a la impresión de huellas dactilares para fines de identificación en los escritos que datan del año 600 d. C., y se remontan a un período de unos 100 años antes de Cristo. Las huellas dactilares se utilizaron por primera vez como un sello manual para dar autenticidad a los documentos. Se encuentran en tablillas de arcilla asirias de una época muy temprana en el Museo Británico, y también fueron utilizadas de la misma manera por los antiguos egipcios. A partir de literatura sobre el tema y de los casos reportados, nos enteramos de que las huellas dactilares han sido reconocidas como el tipo más fuerte de evidencia circunstancial y la forma más segura de identificación. . . .

No tenemos ninguna duda de que el hallazgo de las huellas dactilares del acusado en la puerta de la bóveda, aunado a que el acusado no tenía acceso y no había estado en el lugar del robo, motivo por el cual las huellas podían responder a cualquier hipótesis de su inocencia, es una circunstancia irresistible señalando su culpabilidad. . . .

13.4.7 Huellas dactilares para identificar a un individuo como delincuente habitual

State vs. Smith, 128 Or. 515, 273 P. 323 (1929)

Una persona que fue condenado anteriormente por robo y delitos similares entre 1906 y 1920 fue acusado del delito

de recibir propiedad robada—que constituye un delito menor cuando se trata de la primera infracción—y fue condenado a cadena perpetua al ser su cuarto delito grave bajo la Ley de crímenes recurrentes. La Suprema Corte de Oregon, al interpretar un estatuto de la Ley de Crímenes Recurrentes de Oregon, a partir de aquella que apoyó el máximo tribunal de Nueva York en *People vs. Gowasky*, 244 N.Y. 451, 155 N.E. 737, sostuvo que era apropiado utilizar las huellas dactilares con el fin de identificarlo como el autor de los delitos anteriores.

Ya en 1917, el tribunal de Nueva York, en *People vs. Shallow*, 100 Misc. 447, 165 N.Y. Supp. 915 (1917), sostuvo que el uso de huellas dactilares para establecer que el acusado había sido condenado previamente y era por lo tanto candidato para recibir un castigo mayor no viola el privilegio de la Quinta Enmienda contra la autoincriminación obligada ni su equivalente constitucional estatal. El caso se observó en el *Columbia Law Review* y la *Yale Law Review*. El Tribunal declaró, en parte:

Dada la exigencia de que se tomen las huellas dactilares del acusado, no hay peligro de que se solicite al acusado dar falso testimonio. El testigo no testifica. Los hechos físicos hablan por sí mismos; sin miedos, sin esperanzas, sin voluntad del prisionero de falsificar o exagerar, podría producir o crear un parecido de sus huellas dactilares o cambiarlos en una línea, y por lo tanto no hay peligro de cometer error o de decir falsedad.

13.5 Conclusión

Los exámenes de impresión de crestas de fricción, ya sean comparaciones de impresión decadactilar frente a impresión decadactilar, o impresiones latentes frente a una impresión decadactilar, se han utilizado en apoyo de los procesos judiciales en los Estados Unidos, así como en todo el mundo desde principios de 1900. La evidencia de impresiones latentes, los ejemplares conocidos de las huellas dactilares y palmares y el perito, deben cada uno, de manera individual y colectiva, pasar el escrutinio de los requisitos legales con el objetivo de ser significativo y útil para ayudar a la corte a determinar la culpabilidad o inocencia. Del mismo modo que la ciencia avanza y se producen cambios con el paso del tiempo, el sistema legal también progresa y cambia.



13.6 Revisores

Los revisores de este capítulo fueron Donna Brandelli, William F. Leo, James L. May III, y Lisa J. Steele.

13.7 Referencias

Federal Rules of Criminal Procedure. The Committee on the Judiciary, House of Representatives; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2004.

Federal Rules of Evidence. The Committee on the Judiciary, House of Representatives; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2004.

Office of the Inspector General. *A Review of the FBI's Handling of the Brandon Mayfield Case—Unclassified Executive Summary*. U.S. Department of Justice: Washington, DC, March 2006.

Stacey, R. Report on the Erroneous Fingerprint Individualization in the Madrid Train Bombing Case. *J. Forensic Ident.* 2004, 54 (6), 706–718.

SWGFAST—Standards for Conclusions. *J. Forensic Ident.* 2004, 54 (3), 358–359.

SWGFAST. Press Kit; May 14, 2004, www.swgfast.org.

Citas ante el tribunal

Brady vs. Maryland, 373 U.S. 83 (1963).

Commonwealth vs. Bartolini, 299 Mass. 503, 13 N.E.2d 382, *cert. denied* 304 U.S. 562 (1938).

Commonwealth vs. Patterson, 445 Mass. 626 (2005).

Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 509 U.S. 579, 113 S. Ct. 2786 (1993).

Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 951 F.2d 1128 (9th Cir. 1991).

Frye vs. United States, 293 F. 1013 (D.C. Cir. 1923).

General Electric Co. vs. Joiner, 522 U.S. 136, 118 S. Ct. 512 (1997).

Giglio vs. United States, 405 U.S. 150 (1972).

Kumho Tire Co. vs. Carmichael, 526 U.S. 137, 119 S. Ct. 1167 (1999).

People vs. Gowasky, 244 N.Y. 451, 155 N.E. 737 (1927).

People vs. Jennings, 252 Ill. 534, 96 N.E. 1077 (1911).

People vs. Shallow, 100 Misc. 447, 165 N.Y. Supp. 915 (1917).

Stacy vs. State, 49 Okl. Crim. 154, 292 P. 885 (1930).

State vs. Bible, 175 Ariz. 549, 589, 858 P.2d 1152, 1181 (1993).

State vs. Cerciello, 86 N.J.L. 309, 90 Atl. 1112 (1914).

State vs. Connors, 87 N.J.L. 419, 94 Atl. 812 (1915).

State vs. Kuhl, 42 Nev. 195, 175 P. 190 (1918).

State vs. Smith, 128 Or. 515, 273 P. 323 (1929).

United States vs. Havvard, 260 F.3d 597 (7th Cir. 2001).

United States vs. Havvard, 117 F. Supp. 2d 848 (D.C. Ind. 2000).

United States vs. Henthorn, 930 F.2d 920 (9th Cir. 1991), affirming *United States vs. Henthorn*, 931 F.2d 29 (9th Cir. 1991).

United States vs. Kelly, 55 F.2d 67 (2d Cir. 1932).

United States vs. Llera Plaza, 179 F. Supp. 2d 492 (E.D. Pa., 2002) (*Llera Plaza I*).

United States vs. Llera Plaza, 188 F. Supp. 2d 549 (E.D. Pa., 2002) (*Llera Plaza II*).

United States vs. Mitchell, Cr. No. 96–407–1 (1999).

United States vs. Mitchell, 365 F.3d 215 (3rd Cir. 2004), *cert. denied* 125 S. Ct. 446 (2004).

CAPÍTULO

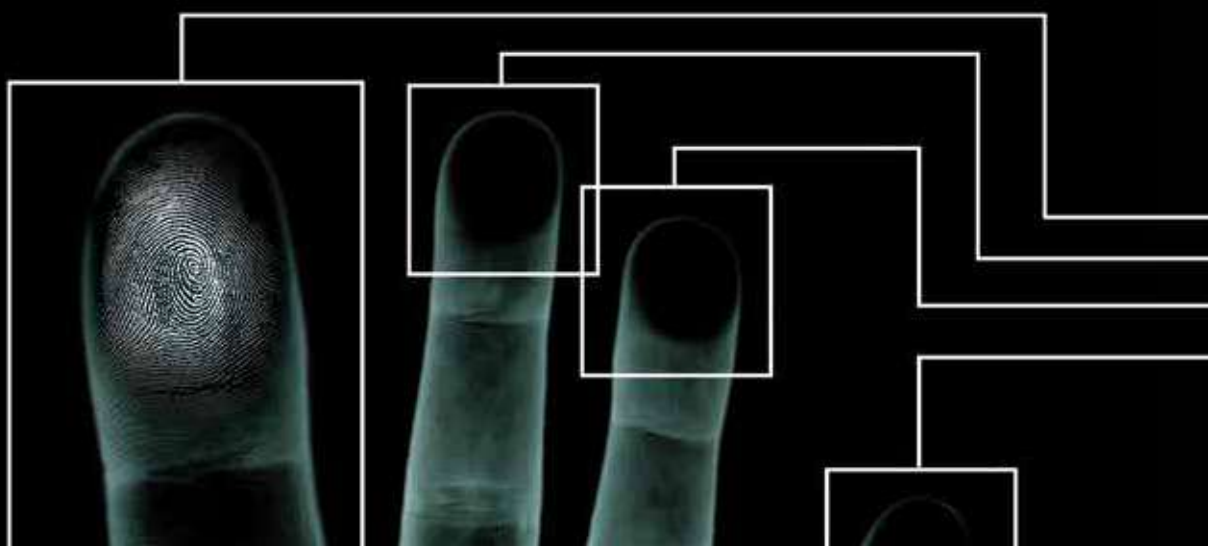


INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA QUE SUSTENTA LOS FUNDAMENTOS DE LA EXAMINACIÓN DE CRESTAS DE FRICCIÓN

GLENN LANGENBURG

CONTENIDOS

3	14.1 Introducción	29	14.5 Conclusiones
3	14.2 La Naturaleza de la Indagación Científica	30	14.6 Revisores
7	14.3 La Investigación Científica Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción	30	14.7 Referencias
29	14.4 Directrices Futuras para la Investigación Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción	34	14.8 Información Adicional





CAPÍTULO 14

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA QUE SUSTENTA LOS FUNDAMENTOS DE LA EXAMINACIÓN DE CRESTAS DE FRICCIÓN

GLENN LANGENBURG

14.1 Introducción

Cuando las personas piensan en investigación, lo que viene a la mente son imágenes de personas con batas blancas de laboratorio, levantando la mirada intermitentemente para tomar mediciones de datos y tomar notas. Esta es una visión muy limitada y estrecha de la investigación. Los reporteros investigadores, abogados, detectives de la policía, ingenieros, escritores, actores y, por supuesto, los científicos, todos realizan la investigación. Sin embargo, el científico lleva a cabo la investigación científica. Definida de manera simple, la investigación es una indagación sobre cualquier tema o fenómeno. La investigación científica, a continuación, se puede definir como una indagación científica sobre un tema o fenómeno.

¿Qué hace que una investigación sea “científica”? ¿Qué es la ciencia? ¿Qué es el método científico? ¿Cuáles son las reglas para una investigación científica? Las respuestas a estas preguntas no son simples, y son objeto de todo un campo de la filosofía de la ciencia. Este capítulo revisará algunos de estos temas, la cuestión relativa a la ciencia de la piel con crestas de fricción. Sin embargo, se invita al lector a leer más con respecto a la filosofía de la ciencia para comprender mejor la complejidad de la ciencia y la investigación científica.

14.2 La Naturaleza de la Indagación Científica

14.2.1 Ciencia y falsabilidad

La palabra ciencia se deriva del latín scientia (que significa conocimiento), que está a su vez ligado del verbo latino scire (saber). La ciencia puede definirse como un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación sistemática o la experimentación. Esta definición es muy amplia, y, bajo una definición tan permisiva, muchos campos de estudio pueden definirse como ciencia. El creacionismo científico, la ciencia teológica, el psicoanálisis freudiano, y la medicina homeopática podría decirse que se pueden clasificar como ciencias.

Sir Karl Popper (1902-1994) reconoció la dificultad de definir la ciencia. Popper, tal vez uno de los filósofos más respetados y ampliamente conocidos de la ciencia, logró separar la ciencia de la no ciencia mediante un principio simple: falsificabilidad. La separación o demarcación, se podría lograr si una teoría o ley posiblemente pudieran ser falsificadas o demostrar lo contrario (Popper, 1959, 1972). Una teoría o ley fracasarían esta prueba de fuego si no hay prueba o experimento que podría llevarse a cabo para probar que la teoría o ley es incorrecta. Popper creía que una teoría o ley nunca puede ser probada de manera concluyente, sin importar la extensión de las pruebas, datos o la experimentación. Sin embargo, las pruebas que ofrecen resultados que contradicen una teoría o ley pueden refutar concluyentemente la teoría o ley, o en algunos casos, son motivo para alterar la teoría o ley. Por lo tanto, una ley o teoría científica es concluyentemente falsificable aunque no es concluyente verificable (Carroll, 2003).

Aunque la visión popperiana de la ciencia es una opinión generalizada entre los científicos, es importante tener en cuenta que la Suprema Corte de Estados Unidos también ha tomado este punto de vista de la ciencia (*Daubert*, 1993, pág. 593). El Juez Blackmun, escribiendo para la mayoría, citó a Popper, señalando específicamente que una explicación científica o la teoría deben ser capaces de pruebas empíricas. El tema de la falsificación también se planteó durante la audiencia *Daubert* para la admisibilidad de las pruebas de impresiones latentes durante *U.S. vs. Mitchell* (13 de julio, 1999). (Para una explicación de las audiencias *Daubert*, véase el capítulo 13.)

14.2.2 Leyes y teorías científicas

Existe una gran confusión, incluso dentro de la comunidad científica, respecto a que los científicos primero hacer observaciones; luego se postulan una hipótesis; después de rigurosas pruebas, la hipótesis es aceptada, convirtiéndose así en una teoría; entonces la teoría, después de disfrutar de muchos años de éxito, sin ningún intento de ser refutadas, se acepta como una ley científica. Esta estructura jerárquica es un mito (McComas, 1996). "Schoolhouse Roca" (Frishberg y Yohe, 1975) describe una jerarquía similar a las iniciativas de ley en su viaje para convertirse en leyes. Est no sucede en la ciencia.

Las leyes y teorías científicas, aunque están relacionadas, representan diferentes conocimientos dentro de la ciencia. McComas declaró: "Las leyes son generalizaciones,

principios o patrones en la naturaleza y las teorías son las explicaciones de esas generalizaciones".

Las leyes científicas describen los principios generales, los patrones y los fenómenos en el universo. Las teorías científicas explican por qué ocurren estos principios generales, patrones y fenómenos. Los verbos asociados con las leyes y teorías hablan de la naturaleza de estos conceptos: las leyes científicas son descubiertas; las teorías científicas son inventadas (McComas, 1996).

Exactamente lo que define a una ley y exactamente lo que define a una teoría se cuestiona en la filosofía de la ciencia. De hecho, algunos filósofos de ciencia (Van Fraassen, 1989, pág. 180-181) creen que no existen leyes en absoluto. Sin embargo, la mayoría de los filósofos modernos de ciencia creen que las leyes existen y hay dos definiciones populares que compiten: *sistemas* y *universales* (Thornton, 2005).

La definición de una ley de acuerdo a sistemas, define una ley dentro de un sistema deductivo. Se dice que los axiomas permiten conclusiones deductivas. La fuerza de la ley está en la verdad de la afirmación generalizada y en su simplicidad. A modo de ejemplo, si "toda la piel con crestas de fricción humana es única", y yo soy un ser humano, entonces se puede deducir de la ley (si es verdadera) que mi piel crestas de fricción es única. Los casos de piel con crestas de fricción que no sea única, sería obviamente muestra de que la ley es falsa.

La definición de acuerdo a universales, define la ley como una relación o "necesidad contingente" entre universales (los universales pueden ser casi cualquier cosa). La expresión de tal ley sería similar a:

- Los humanos existen.
- La piel con crestas de fricción única existe.
- La ley es la relación de estas dos entidades: los humanos poseen piel con crestas de fricción únicas.

En cualquier caso, las leyes se pueden describir por las siguientes características (Hempel y Oppenheim, 1948; Zynda, 1994):

- Las leyes son universales.
- Las leyes tienen un alcance ilimitado.
- Las leyes no contienen designaciones de objetos individuales particulares.



- Las leyes contienen solamente predicados “puramente cualitativos”.

Las teorías, por otro lado, son explicaciones para leyes. Por ejemplo, Sir Isaac Newton descubrió la “ley de la gravedad”. Esta ley es universal, ilimitada, no sólo es aplicable a un objeto único, además es descriptiva y predictiva. Sin embargo, esta ley no explica cómo y por qué funciona la gravedad. Los científicos de la época de Newton proponían ondas de gravedad emitidas por los objetos, que atraen entre sí, que funcionan de modo similar al magnetismo. Las fuerzas de atracción de la gravedad comprenden la Teoría de la Gravedad. Más tarde, Albert Einstein encontró casos en los que la teoría no se sostenía (por ejemplo, cuando la luz se dobla hacia objetos enormes en el espacio). De acuerdo con la teoría aceptada del tiempo, las observaciones de Einstein no eran posibles. Einstein propuso una nueva y revolucionaria teoría de la gravedad para explicar este fenómeno. La nueva teoría de Einstein fue llamada la “Teoría General de la Relatividad” y describía curvaturas en la continuidad espacio-tiempo. Estas curvaturas se debían a objetos enormes ejerciendo su fuerza de gravedad sobre la continuidad espacio-tiempo, muy parecido a una bola de boliche colocada en una sábana estirada. La teoría que propuso Einstein no fue aceptada inicialmente, pero luego de años de pruebas y experimentos su teoría se ganó la aceptación.

Esta es la verdadera naturaleza de la ciencia. Las leyes se descubren. Las teorías se inventan para explicarlas. Las leyes y las teorías son probadas mediante experimentos, observaciones y pruebas de las hipótesis. Las hipótesis se tejen juntas en las teorías a medida que las teorías se modifican. Las teorías nunca se comprueban, sólo se ponen a prueba y se actualizan continuamente. Las teorías pueden ser aceptadas por cientos de años, pero con el advenimiento de la nueva tecnología, las teorías se someten a nuevas pruebas y rigores, y finalmente las teorías obsoletas o incompletas dan paso, o son absorbidas por nuevas teorías más maduras. La ciencia de la piel de crestas de fricción ha transitado exactamente esos caminos.

14.2.3 Leyes y teorías en la examinación de crestas de fricción

Si aceptamos la definición de que una ley científica es una descripción generalizada de los patrones y de los fenómenos de la naturaleza y una teoría científica es la explicación de dicha ley, entonces, ¿Qué teorías y leyes existen dentro de la disciplina de la ciencia de crestas de fricción?

Las dos leyes más básicas son:

- 1) La piel humana con crestas de fricción es única.

Cada individuo posee una disposición única de la piel crestas de fricción. En concreto, el orden de las crestas, las disposiciones robustas de las minucias dentro de los patrones de las crestas, y las formas y estructuras de las crestas se combinan para formar un diseño único de piel de crestas de fricción en las manos y los pies de cada individuo.

- 2) La piel humana con crestas de fricción es persistente (permanente) a lo largo de la vida de la persona.

Específicamente, lo que se entiende por persistencia es que la secuencia de las crestas y la disposición de las minucias robustas no cambian durante toda la vida de una persona. Esto no quiere decir que la piel con crestas de fricción no cambie con el tiempo. Lo hace. La piel con crestas de fricción se expande a medida que las personas crecen, pasando de la infancia hasta la edad adulta. Las células de la piel constantemente se desprenden. La subestructura de la piel cambia con el tiempo y la altura de las crestas disminuye (Chacko and Vaidya, 1968). El número de crestas incipientes visibles aumenta conforme envejecemos (Stücker et al., 2001). Líneas de expresión finas y arrugas proliferan a medida que envejecemos. Todos estos factores describen una piel de crestas de fricción dinámica y cambiante. Sin embargo, la disposición de las minucias y las secuencias de crestas son muy robustas y reproducibles. No hay evidencia que demuestre que los detalles de tercer nivel (por ejemplo, formas de crestas y ubicación de poros) sean persistentes; esto se explora más adelante en el capítulo (véase la sección 14.3.2.2).

La siguiente pregunta de interés es, ¿Son estas leyes científicas? Según Popper, para satisfacer los criterios de las leyes científicas, éstas deben ser falseables. Es evidente que ambas leyes son fácilmente falseables. Uno debe simplemente encontrar casos en los que diferentes individuos tengan piel de crestas de fricción indistinguibles o casos en los que se observe que la disposición de las crestas en la piel de crestas de fricción cambie naturalmente con el tiempo (siempre que no haya una lesión o trauma, por supuesto). Sin embargo, en la historia de esta disciplina, no se han demostrado tales casos.

Supongamos que una persona, en el mundo entero, en realidad tenía una huella digital conincidía con la huella digital de otra persona. Obviamente, la comunidad forense se sorprendería, y la verdad de la ley sería cuestionada; pero en una visión puramente popperiana (Thornton, 2005):

Ninguna observación está exenta de la posibilidad de errores, en consecuencia, podemos preguntarnos si nuestro resultado experimental era lo que parecía ser. Así, mientras que se aboga por la falsificabilidad como criterio de demarcación de la ciencia, Popper permite explícitamente el hecho de que en la práctica un solo conflicto o ejemplo contrario nunca es suficiente, metodológicamente, para falsificar una teoría [o ley], y que las teorías científicas [o leyes] a menudo se conservan a pesar de que mucha de la evidencia disponible conflictúa con ellos, o sea anómala con respecto a ellos.

Por lo tanto, Popper defendió constantes pruebas para refutar una teoría o ley. Una sola instancia de falsificabilidad debe generar pruebas adicionales.

Existen teorías fundamentales que explican las dos leyes de la unicidad y persistencia. La unicidad se explica mediante variaciones biológicas (influencias genéticas y tensiones localizadas al azar) en el feto en desarrollo. La persistencia se mantiene por las formaciones subestructurales de la piel en desarrollo (hemidesmosomas, papilas, y capa basal).

Estas son las teorías que explican las leyes. Estas teorías tienen evidencia empírica y pruebas que las sustentan, pero no demuestran concluyentemente. Se puede aprender información adicional que hará que estas teorías se ajusten e incorporen nuevas información. Así, la ciencia evoluciona y es dinámica.

14.2.4 Prueba de hipótesis

Las teorías y las leyes son comúnmente puestas a prueba mediante la examinación de hipótesis. Los resultados de poner a prueba las hipótesis pueden apoyar o refutar una teoría o ley. En algunos casos, los resultados requerirán modificaciones que deban hacerse a una ley o teoría, que a su vez conduce a nuevas hipótesis para poner a prueba bajo la ley nueva o modificada.

Aunque no hay fórmulas ni recetas rigurosas para probar las hipótesis y el diseño de los experimentos (ni debe haber), se puede describir un modelo genérico para la prueba de hipótesis. A los pasos de este modelo se les llama a menudo “método científico”. Huber y Headrick (1999) observaron que el término método científico es un nombre inapropiado. Afirmaron que el método científico se deriva de la epistemología (el estudio del conocimiento y de las creencias justificadas, según la *Enciclopedia de Stanford de Filosofía*). Francis Bacon definió un enfoque básico del método científico resumido en cuatro pasos: (1) observar, (2) medir, (3) explicar, y (4) verificar (Huber y Headrick, 1999). Esta descripción en los tiempos modernos se ha modificado en un modelo de prueba de hipótesis. Los pasos básicos del modelo de prueba de hipótesis se han descrito como:¹

- Observación
- Formulación de hipótesis
- Experimentación
- Análisis de la información y conclusión
- Reproducibilidad
- Comunicación de resultados.

El investigador primero debe hacer una observación específica o notar un problema general o interrogante. Luego, se formula una hipótesis (comúnmente llamada “hipótesis nula”). La hipótesis es comprobable y falsificable. También se formula una contra hipótesis. Se diseña un experimento apropiado para probar la hipótesis específica. Se recopila información del experimento. Esta información puede ser cualitativas o cuantitativa. Se evalúa la información, a menudo estadísticamente (aunque eso no es un requisito), y se sacan conclusiones respecto a si se acepta la hipótesis o se rechaza y se acepta la hipótesis nula. Los resultados del experimento deben ser reproducibles por otro científico siguiendo la metodología. Por último, los resultados deben ser comunicados a los demás. Esto es importante no sólo para compartir el conocimiento, sino también para su revisión paritaria y análisis crítico.

¹ Este modelo básico se puede encontrar en la mayoría de los textos de ciencia colegiada básica en diferentes formas.



14.2.5 Metodología y teoría de comparación

Como una extensión de la ley que dice que la piel con crestas de fricción es única, si durante la deposición de una huella latente, los detalles de la piel de crestas de fricción se registran suficientemente sobre una superficie mediante los residuos en la piel con crestas de fricción, *entonces teóricamente la imagen de la huella latente se puede individualizar con la piel de crestas de fricción original*.

Esto es a lo que Hempel y Oppenheim (1948) se refieren como una teoría derivada (en oposición a una teoría fundamental). La teoría derivada permite la aplicación del principio a los objetos o personas específicas que estarían prohibidas por las exigencias de universalidad y generalidad de una ley o teoría fundamental. Sin embargo, la teoría de que las huellas latentes pueden ser atribuidas a una fuente única de piel de crestas de fricción plantea algunas preguntas que son difíciles de responder.

Incluso si la piel crestas de fricción es única al nivel de células y unidades de las crestas, este problema es secundario a si una huella latente (que no contendrá toda la información de la piel fuente) puede ser atribuida correctamente a su fuente. ¿Cuánta información debe ser transferida para que el examinador pueda individualizar de manera confiable la huella latente? ¿Qué sucede con la confiabilidad de los datos cuando se somete a distorsiones? ¿Qué tolerancias son aceptables respecto a las distorsiones y la flexibilidad de la piel?

En última instancia, la huella latente se comparará con una fuente (a través de reproducciones estándar conocidas) por un experto. La metodología de comparación generalmente aceptada en los Estados Unidos es la metodología ACE-V. Este es un acrónimo de análisis, comparación, evaluación y verificación. Las etapas de la metodología de ACE-V se definen como: análisis—valoración de la cantidad y calidad del detalle de crestas presente en una impresión; *comparación*—una comparación frente a frente de las dos impresiones; *evaluación*—el proceso de decisión para declarar una individualización, exclusión u opinión no concluyente; *verificación*—verificación del resultado por parte de otro examinador competente. Huber describió el proceso de ACE inicialmente como un proceso lógico y metodológico para la comparación de evidencia grafológica (Huber, 1959). (Para mayor información acerca ACE-V, vea el capítulo 9.)

Se ha dicho en otra parte que la “metodología” ACE-V no es una metodología en ningún sentido real y se asemeja más a un “protocolo” (Champod et al., 2004). Una metodología

abarcaría normalmente pasos muy explícitos, instrucciones, criterios y un modelo de decisión transparente. Esto no se ha logrado. El protocolo de ACE-V, sin embargo, sirve como un modelo apropiado y descriptivo para llevar a cabo cualquier tipo de examen comparativo forense, a través del cual, la evidencia de una fuente desconocida se compara con ejemplares apropiados conocidos para llegar a una opinión con respecto a la fuente de las pruebas. Como tal protocolo, ofrece buenas sugerencias para los exámenes forenses generales, tales como (1) el análisis de lo desconocido debe hacerse por separado, antes de la comparación con el ejemplar conocido, y (2) debe haber verificación de la conclusión y revisión paritaria del razonamiento utilizado para llegar dicha conclusión.

Wertheim sugirió que ACE-V es análogo al método científico (Wertheim, 2000, pág. 1-8). Huber y Headrick hicieron una analogía similar para el proceso de ACE con respecto a las comparaciones grafológicas (Huber y Headrick, 1999, pág. 351-355). El análisis es la evaluación (observación) que una huella latente cuenta con detalle suficiente para una comparación. Una hipótesis se forma: la huella latente se originó a partir del individuo A; una hipótesis nula se forma: la huella latente no se originó a partir del individuo A. Las imágenes se comparan y se encuentra si coinciden o no (experimentación). Con base en el grado de coincidencia (información), se concluye que hay pruebas suficientes durante la etapa de evaluación para individualizar o excluir (apoyar o rechazar la hipótesis como una conclusión). El proceso es entonces verificado por otro experto durante la verificación (reproducibilidad).

Como Hughes (1998, pág. 611-615) señaló, la práctica de examinación de crestas de fricción es una ciencia aplicada. La disciplina toma prestado de otras ciencias para apoyar y justificar la práctica de la comparación de imágenes de crestas de fricción, por medio de una metodología de comparación específica.

14.3 La Investigación Científica Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción

14.3.1 La piel con crestas de fricción es única

Con el fin de demostrar que el axioma de la piel de crestas de fricción única es verdad, sería necesario examinar todas

las áreas de la piel de crestas de fricción existentes en el planeta (así como toda la piel de las generaciones pasadas y futuras). Obviamente, esto no será posible jamás. Por lo tanto, para apoyar esta premisa, la disciplina se enfoca en tres áreas de apoyo:

- Observaciones empíricas y evidencia
- La teoría de la formación de la piel de crestas de fricción (la formación biológica)
- Los modelos de individualidad de las huellas dactilares basadas en probabilidad y estadística.

14.3.1.1 Observaciones. La evidencia empírica, por muchos años fue vista generalmente por la disciplina como la *pièce de résistance* de la evidencia por la afirmación de que la piel crestas de fricción es única. Un experto podría anticipar que en juicio y durante un interrogatorio exhaustivo se le va a preguntar: “Bueno, ¿cómo sabe que no hay dos huellas dactilares iguales?” Naturalmente, la respuesta típica fue: “Debido a que en toda la historia de las huellas dactilares, y a pesar de los miles de millones de comparaciones a nivel mundial, no se han encontrado dos huellas dactilares idénticas, proviniendo de diferentes fuentes, y esto incluye a gemelos idénticos.”

Aunque este hecho es importante y no se debe descartar, no satisface el argumento y no prueba que la impresión dactilar particular de una persona no tiene un igual coincidente en algún lugar del planeta. Todo lo que se puede inferir de este hecho es que, actualmente, no se han encontrado dos personas que tengan huellas digitales iguales. Yendo un paso más allá, no satisface que una huella latente en particular, con la suficiente distorsión y baja claridad, pueda equivocadamente creerse que proviene de una fuente diferente, dado que la fuente falsa era muy similar en apariencia a la verdadera fuente. Los examinadores de huellas latentes deben ser cuidadosos en cuanto a confiar sólo en evidencia empírica para apoyar la unicidad de la piel de crestas de fricción. Además, el número de comparaciones reales que se han realizado, en comparación con el número total disponible de comparaciones posibles (es decir, la piel de crestas de fricción de cada ser humano, frente a la piel de crestas de fricción de cualquier otro ser humano), es sólo una fracción, la más pequeña (cf. por inferencia, “The Snowflake Paradigm” de Thornton, 1986). Por lo tanto, teniendo en cuenta lo que sin duda sería una probabilidad excepcionalmente pequeña (es decir, lograr que coincidan las huellas dactilares de dos personas

diferentes), se tendría que hacer una imposible cantidad de comparaciones para siquiera tener una oportunidad realista de encontrar tal coincidencia en la población. Así que, incluso si las huellas dactilares coincidentes existieran en la población, la posibilidad de descubrirlas es simplemente demasiado remota.

La literatura carece de la investigación que se llevó a cabo específicamente para demostrar que no hay dos áreas de la piel de crestas de fricción que sean iguales. La ausencia de un estudio de este tipo se debe a (1) como se ha discutido previamente, su imposibilidad, y (2) a la dependencia constante de la profesión en su experiencia y casos de estudio colectivos para demostrar el punto. Además, se podría argumentar que, hasta que los *U.S. vs. Mitchell* (1999), los argumentos y validez de los exámenes de la piel de crestas de fricción no habían sido seriamente cuestionados o escrutados; por lo tanto, no ha existido el impulso de probar científicamente la ley, bajo los rigores de la ciencia actual.

Aún así, aunque no hay (ni puede haber) manera definitiva para demostrar que toda la piel de crestas de fricción es única, existe evidencia empírica que apoya el argumento. La evidencia de “parecidos” (como las no coincidencias cercanas, que son impresiones de piel de crestas de fricción de dos fuentes diferentes que son muy similares en apariencia) (IEEGFI-II, 2004, pág. 13) ha sido de gran ayuda. La evidencia de parecidos se puede encontrar en la investigación de gemelos monocigóticos y dos estudios del Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares (AFIS).

Los estudios de gemelos monocigóticos. Si uno quisiera encontrar áreas de piel de crestas de fricción coincidentes que provengan de dos individuos diferentes, parecería que la población de los gemelos monocigóticos sería un buen lugar para iniciar la búsqueda. Galton (2005, pág. 185-187, publicado originalmente en 1892) exploró por primera vez esta avenida. Él encontró similitudes en los patrones, pero las minucias eran diferentes. Del mismo modo, otros investigadores, al explorar los aspectos hereditarios de las huellas dactilares, han examinado las huellas de gemelos monocigóticos. Cummins y Midlo (1943, pág. 210-245) resumen el trabajo de Wilder, Grüneberg, Bonnevie, y Newman. Estos investigadores investigaron todas las similitudes de las huellas dactilares entre gemelos monocigóticos. Sus resultados resultan iguales a las conclusiones de Galton.



Okajima (1967, pág. 660-673) encontró una correlación más alta para el número de minucias presentes entre las huellas dactilares de gemelos idénticos que en el número de minucias presentes entre las huellas dactilares de mellizos. Lin y algunos colegas (1982, pág. 290-304) investigaron más a fondo esta relación. Examinaron las correlaciones para el patrón de huella digital, recuento de crestas y posicionamiento de minucias para 196 pares de gemelos (incluyendo tanto a gemelos idénticos como mellizos). Se encontró que las correlaciones siguieron la tendencia (en orden de correlación descendiente): gemelos idénticos, mellizos, hermanos y por último, individuos no relacionados. Su trabajo se pareció mucho a aquel de investigadores anteriores señalados por Cummins y Midlo (1943, pág. 235-245). Lin y sus colegas (1982) llegaron a la conclusión de que “aunque las huellas digitales [de los gemelos idénticos] pueden tener un alto grado de similitud. . . hay diferencias en la distribución las minucias que todavía permiten su diferenciación” (Lin et al., 1982, pág. 304).

En tiempos más recientes, German (*U.S. vs. Mitchell*, 8 de julio de 1999, pág. 2-56), en preparación para una audiencia *Daubert*, realizaron análisis similares a Lin y colegas (1982) con una base de datos de huellas dactilares de 500 pares de gemelos (incluyendo tanto a gemelos idénticos como mellizos). Una vez más, se observaron similitudes en los patrones, conteo de crestas y ubicación de las minucias entre gemelos idénticos, pero las huellas todavía eran diferenciables. German señaló además que, incluso en las áreas más pequeñas de coincidencias (grupos de dos o tres minucias ubicadas en posiciones similares), podría diferenciar las impresiones basándose en detalles de tercer nivel (es decir, las formas de las crestas y ubicación de los poros). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el trabajo de German no fue publicado. Por lo tanto, no pasó por revisión paritaria y sólo se puede encontrar en el testimonio durante la audiencia Daubert en el caso Mitchell.

Por otra parte, a diferencia de Lin y sus colegas (1982), el estudio de German no se llevó a cabo con una hipótesis bien definida para comprobar, los métodos para comprobar las hipótesis no estaban claros antes de comenzar el trabajo y no está claro qué parámetros fueron utilizados para determinar la fuerza de las similitudes y diferencias al comparar impresiones de gemelos monocigóticos empatadas.

Srihari y sus colegas también llevaron a cabo un amplio estudio sobre huellas dactilares en gemelos (Srihari et al., 2008). Se utilizaron 298 pares de gemelos y 3 grupos de trillizos. Los investigadores utilizaron un algoritmo de

identificación automática de huellas dactilares basado en minucias para calcular las puntuaciones de la comparación. Los investigadores compararon cada gemelo idéntico con su gemelo relacionado. También compararon las puntuaciones entre las huellas dactilares de gemelos y las huellas dactilares de gemelos no relacionados con gemelos huellas dactilares, mellizos y no gemelos. Al comparar la distribución de los resultados producidos, los investigadores encontraron que los pares de gemelos tienen más similitudes de detalles de nivel 1 y nivel 2 que la población general, pero siguen siendo discernibles.

Todos los estudios anteriores con gemelos trataban exclusivamente de ejemplares conocidos de piel de crestas de fricción. Lo que falta de la literatura es si un examinador correctamente puede atribuir una impresión latente a la piel de crestas de fricción fuente correcta, cuando gemelos idénticos han depositado huellas latentes. La única información de esta naturaleza puede encontrarse en el Collaborative Testing Services (CTS) de 1995, examen de aptitud del examinador de huellas latentes (CTS, 1995; Grieve, 1996, pág. 521-528). Este examen de aptitud CTS en particular, incluyó una impresión sangrienta de un individuo cuyos ejemplares de huellas dactilares no fueron proporcionados para la prueba de aptitud. En cambio, se proporcionaron los ejemplares de huellas dactilares del gemelo idéntico del donante, que no originaron la impresión sangrienta. Aproximadamente uno de cada cinco participantes en esta prueba de aptitud erróneamente individualizaron la impresión con la fuente incorrecta.

Datos empíricos. No se sabe exactamente qué individuo o cultura reconoció por primera vez la individualidad de las huellas dactilares. Desde el antiguo Medio Oriente hasta la antigua China, se encuentra evidencia de que estas culturas tenían conciencia de la unicidad de las huellas dactilares. (Para ver una escala de tiempo respecto a la ciencia de huellas dactilares, consulte el capítulo 1.) No fue sino hasta 1788 que el Dr. J.C.A. Mayer registró:

Aunque la disposición de las crestas de la piel nunca se duplica en dos personas, las similitudes son más estrechas entre algunos individuos. En otros, las diferencias están marcadas, pero a pesar de sus peculiaridades en la disposición, todos tienen una cierta semejanza. (Cummins y Midlo, 1943, pág. 13).

Mayer es considerado como el primer individuo en registrar la afirmación de que la piel con crestas de fricción es única.

Muchos otros pioneros que investigaron este fenómeno siguieron, incluyendo a Sir William Herschel y al Dr. Henry Faulds. Sin embargo, ni Herschel ni Faulds publicaron datos concretos de apoyo a sus teorías. En su carta de 1880 a *Nature* (Faulds, 1880, pág. 605), Faulds reportó varias conclusiones, entre ellas la “identidad absoluta” de los criminales a partir de impresiones latentes en la escena del crimen. Sin embargo, Faulds nunca proporcionó información para su argumento, indicando solamente que examinó una “gran cantidad de la impresiones naturales” tomadas de individuos en Japón. Sus escritos posteriores (Faulds, 1911) se refieren a su examen de “muchos miles de dedos vivos”.

En 1970, la Asociación Internacional para la Identificación (IAI) organizó un comité conocido como el comité de estandarización. La principal tarea del dicho comité era “determinar un número mínimo de minucias en las características de las crestas de fricción que debe estar presentes en dos impresiones, con el fin de establecer una identificación positiva” (McCann, 1971, pág. 10). Durante 3 años, el comité abordó esta cuestión, y en 1973, el Comité de Normalización llegó a un consenso: “No existe fundamento válido en este momento para requerir que un número predeterminado mínimo de características en las crestas de fricción deba existir en dos impresiones con el fin de establecer una identificación positiva. La referencia anterior a las características de las crestas de fricción se aplica igualmente a las huellas dactilares, huellas palmares, las impresiones de los dedos de los pies e impresiones únicas del cuerpo humano” (McCann, 1973, pág. 13). A esta conclusión se llegó a través de entrevistas con profesionales en la materia, revisión de la literatura, encuestas enviadas a varias oficinas de identificación internacional y la opinión generalmente aceptada de la profesión. Es importante señalar que durante las entrevistas y encuestas, ningún organismo reportó conocimiento de caso alguno en el que se encontraran dos individuos con huellas digitales coincidentes, así como tampoco coincidencias en ninguna otra área de la piel de crestas de fricción (Moenssens, 2006).

En cuanto a los estudios empíricos concretos, dos son notables. El experto en huellas dactilares Stephen Meagher (US vs. Mitchell, 8 de julio de 1999, pág. 56-229,

² Sin embargo, debe notarse que (y esta inquietud se mencionó durante testimonio en el caso *Mitchell*) de que los sondeos no siempre alcanzan a los participantes que se pretende. En algunos estados, los sondeos se enviaron a la División de Servicios de Información de Justicia Penal, en lugar de a la unidad de impresiones latentes. Por lo tanto, la distribución de sondeos puede no haber estado adecuadamente controlada.

9 de julio 1999, pág. 2-31), en preparación para una audiencia Daubert, llevó a cabo una encuesta. Envío imágenes de dos huellas latentes (las imágenes que se habían identificado con el acusado en este caso) a todos los 50 laboratorios estatales.² Se pidió a todas las dependencias que buscaran dichas huellas latentes en sus bases de datos AFIS locales. Sólo una dependencia reportó haberlas identificado: Pensilvania, que es el estado en el que el acusado había sido detenido. Eaton (2005, 2006) informó resultados similares en un estudio piloto que no se publicó. Una sola huella latente de presilla común con 12 minucias, y una segunda imagen de la misma impresión, recortadas para mostrar sólo 8 minucias, fueron enviados a 50 dependencias (en 9 países). Estas dependencias buscaron las imágenes en sus bases de datos AFIS. La única dependencia que reportó una individualización fue la Western Identification Network, que fue la única dependencia que mantenía una copia de la tarjeta de impresión decadactilar civil del donante de la impresión latente en este experimento. Aunque ninguno de estos resultados ofrece prueba sustancial de que toda la piel con crestas de fricción es única, es importante notar que luego de comparar estas impresiones latentes con cientos de millones de huellas dactilares combinadas con las bases de datos de AFIS, ninguna dependencia reportó coincidencia con ningún otro que con la fuente conocida correcta. En efecto, Meagher e Eaton no fueron capaces de falsificar la individualidad de las huellas dactilares en estas notables, pero limitadas instancias.

14.3.1.2 Bases biológicas. Sobre la base de una comprensión holística y cualitativa de los procesos morfogénicos de la formación de la piel de crestas de fricción, los examinadores de huellas latentes han apoyado predominantemente la declaración: la naturaleza nunca se repite (McRoberts, 1996; Thornton, 1986). Esta posición ha seguido estando respaldada por la opinión de numerosos biólogos, zoólogos, y anatomistas que han explorado el modelo ofrecido por la formación de la piel cresta de fricción (Wilder y Wentworth, 1918, 1932; Cummins y Midlo, 1943; Hale, 1952; Okajima, 1967; Misumi y Akiyoshi, 1984; Montagna y Parakkal, 1974; Montagna et al., 1992; Babler, 1978, 1990, 1991).

Los primeros autores se referían generalmente sólo a la variabilidad de las minucias, y por lo tanto se daba un enfoque probabilístico de la individualidad de las huellas dactilares, como evidencia de la unicidad de la piel de crestas de fricción (Galton, 2005, pág. 100-113; Wilder y Wentworth, 1932, pág. 309-328). Cummins (2000, pág. 79-90) y Hale (1952, pág. 147-173) reconocieron que la



variabilidad en las formaciones de minucias y apariencias, eran atribuibles a tensiones mecánicas aleatorias durante la formación de las crestas de fricción. Los patrones de la piel de crestas de fricción y la disposición de las minucias, junto con la variabilidad en las formaciones de borde (Chatterjee, 1962), ubicación de los poros (Locard, 1912; Faulds, 1912, pág. 29-39), así como ancho y alto de las crestas (Cummins et al., 1941; Ashbaugh, 1999, pág. 61-65), proporcionan una paleta aparentemente infinita de variaciones, incluso en las regiones más pequeñas. Montagna y colegas en general han señalado que la piel (piel con y sin crestas de fricción) difiere de un individuo a otro y no se repite en ninguna otra región de cada individuo. (Montagna y Parakkal, 1974; Montagna et al., 1992). Montagna y sus colegas señalaron en sus observaciones y estudio de la piel con crestas de fricción y sin crestas de fricción:

Las superficies palmares y plantares están compuestos por crestas y surcos continuos y discontinuos; los detalles de estas marcas y sus configuraciones se conocen colectivamente como dermatoglia. Cada zona tiene variaciones estructurales regionales e individuales únicas, que no coinciden en ningún otro lugar, ni en el mismo o en cualquier otro individuo. (Montagna et al., 1992, pág. 8).

El modelo biológico para la morfogénesis de la piel de crestas de fricción apoya el punto de vista de la unicidad de la piel de crestas de fricción. Aunque no necesariamente proporciona evidencia concreta para poner a prueba el carácter único de la piel crestas de fricción, la teoría explica por qué la ley se cumple.

La base biológica para la formación del pliegue de flexión ha sido estudiada por varios investigadores (Kimura y Kitigawa, 1986, 1988; Popich y Smith, 1970). Con respecto al estudio de las características palmares, se han reportado frecuencias empíricas por Tietze y Witthuhn (2001). Ellos informaron frecuencias de pliegues, flujo de crestas, patrones y otras formaciones distintas de 35.000 pares de impresiones palmares. Aunque estas observaciones no muestran "unicidad" de características palmares, estos datos son útiles para evaluar la rareza de estas características.

14.3.1.3 Modelos de probabilidad para la individualidad de la huella dactilar. Aunque muchos pioneros registraron sus observaciones empíricas, fue Sir Francis Galton quien desarrolló el primer modelo de probabilidad para la individualidad, como resultado de su análisis sistemático

y el estudio de las huellas dactilares. A partir del modelo de Galton en 1892 hasta el presente, ha habido aproximadamente dos docenas de modelos, cada uno con mejoras o refinamiento de aspectos de los modelos anteriores.

En esta sección se hará un resumen de la investigación significativa y los modelos disponibles. Los resúmenes dados son muy básicos y breves. En otros lugares se han entregado excelentes resúmenes, discusiones y críticas de estos modelos, incluyendo las suposiciones, limitaciones y fortalezas de cada uno (ver Stoney and Thornton, 1986a, pág. 1187-1213; Stoney, 2001, pág. 327-387; Pankanti et al., 2001, pág. 805-812).

El modelo de Galton (1892) (Galton, 2005, pág. 100-113). Aunque Galton inventó el primer modelo de probabilidad para la individualidad de las huellas digitales, era muy primitivo. Mediante el uso de ampliaciones de huellas dactilares, Galton dejaba caer cuadrados de papel de tamaño aleatoriamente variable sobre las ampliaciones. Luego intentó predecir si los pedazos de papel cubrían las minucias. Galton construyó su modelo de acuerdo a su capacidad para predecir la incidencia de minucias, dependiendo de la configuración de las crestas circundantes. Él no basó su modelo en las frecuencias y distribuciones reales de minucias. Además, utilizó factores poco realistas para estimar la probabilidad de diferentes tipos de patrones y el número de crestas en una región particular de la impresión. A partir de estos cálculos, llegó a la probabilidad de encontrar cualquier disposición de minucias en una huella digital para ser $1,45 \times 10^{-11}$ (es decir, 1 de cada 68 mil millones).

El modelo Henry (1900) (Henry, 1900, pág. 54-58). El segundo modelo, propuesto por Sir Edward Henry, era una desviación drástica desde el enfoque de Galton. Henry propuso que cada minucia fuera un evento independiente e idénticamente distribuido (cada aparición de minucias tiene la misma probabilidad y no depende o está influenciado por cualquier otra minucia). La probabilidad de un evento de minucias era de $1/4$ (.25). La probabilidad de encontrar 12 minucias coincidentes era entonces $(1/4)^{12} = 6 \times 10^{-8}$ (es decir, aproximadamente 1 en 17 millones). Para reconocer el tipo de patrón, de acuerdo con el modelo de Henry, el tipo de patrón es equivalente a dos minucias más (multiplican los resultados anteriores de las minucias por $1/16$). Por lo tanto, si se tiene una impresión de verticilo con 12 minucias, la probabilidad de encontrar una impresión de verticilo con 12 minucias coincidentes es $(1/4)^{14}$ or 4×10^{-9} (es decir, aproximadamente 1 en 270 millones).

El modelo Balthazard (1911) (Balthazard, 1911, pág. 1862-1864). Utilizando el enfoque de Henry, el Dr. Victor Balthazard (un médico forense francés) también utilizó la probabilidad de un evento de minucias igual a 1/4, pero mientras que Henry era arbitrario, Balthazard basó su uso de 1/4 en si una bifurcación o final de la cresta apuntaba hacia la izquierda o hacia la derecha. Propuso que cada una de estas cuatro posibilidades (bifurcación hacia la izquierda o derecha, final de la cresta hacia la izquierda o derecha) tiene la misma probabilidad de ocurrir, por lo que llegó a una probabilidad de 1/4 para un evento de minucias. Su modelo no incluía un factor para tipo de patrón. Luego razonó que, a fin de que su modelo satisficiera la expectativa de que una sola persona en el planeta tenga una configuración que coincida con la impresión, se necesitaría hallar 17 minucias coincidentes. Por su modelo, encontrar 17 minucias coincidentes tenía una probabilidad de $(1/4)^{17} = 6 \times 10^{-11}$ (es decir, 1 de cada 17 mil millones). También reconoció que si uno estaba seguro de que si el donante se limita a una determinada región geográfica, entonces se podrá establecer una identidad positiva con un menor número de minucias (por ejemplo, 10 a 12 minucias). En efecto, Balthazard propuso el primer umbral de “punto mínimo”

El modelo Locard (1914) (Locard, 1914, pág. 526-548; Champod, 1995, pág. 136-163). El modelo Locard no es un modelo estadístico, sino más bien una opinión pragmática derivada de los modelos estadísticos de la época del Dr. Edmond Locard. Locard estableció su regla tripartita:

- 1) Si se presentan más de 12 detalles coincidentes y la huella dactilar es muy clara, entonces la certeza de identidad es clara.
- 2) Si se encuentran de 8 a 12 minucias coincidentes, entonces se tratará de una identificación marginal y la certeza de identidad dependerá de:
 - a. La calidad (claridad) de la huella dactilar
 - b. La rareza del tipo de minucia
 - c. La presencia de un centro y un delta en un área clara de la huella,
 - d. La presencia de poros y
 - e. La perfecta concordancia en el ancho de las crestas y surcos, la orientación de las crestas y el valor angular de la bifurcación.
- 3) Si un número limitado de rasgos característicos están presentes, la huella digital no puede proporcionar la

certeza de una identificación, pero sólo una presunción proporcional al número de puntos disponibles y su claridad.

En el caso de las partes 1 y 2 de la norma, la identificación positiva puede establecerse luego de una discusión del caso por parte de al menos dos examinadores idóneos y experimentados. Locard llegó a estas conclusiones en base a su propia experiencia y observaciones y las obras de Galton, Balthazard y Ramos.³ La parte 3 de la regla, como señaló Champod (1995, pág. 136-150), altamente sugiere un enfoque probabilístico en torno a las evidencia de huellas dactilares y las conclusiones.

El modelo de Bose (1917) (Roxburgh, 1933, pág. 189-214). Rai Sahib Hem Chandra Bose utilizó el modelo de Henry y también utilizó una probabilidad de 1/4 para un evento de minucias; sin embargo, lo hizo basándose en una mala suposición. Eligió 1/4 como una probabilidad en la base de su argumento de que hay cuatro tipos de eventos de minucias, todas con la misma probabilidad de ocurrir: un punto, una bifurcación, un final de cresta o una cresta continua. Claramente, hay muchos más eventos de crestas continuas que minucias, y ciertamente más finales de crestas y bifurcaciones que puntos distribuidos en una huella dactilar típica.

El modelo Wilder y Wentworth (1918) (Wilder y Wentworth, 1918, pág. 319-322). El Dr. Harris Wilder y Bert Wentworth también utilizaron el modelo Henry, pero en lugar de una probabilidad asumida de incidencia de minucias de 1/4, utilizaron 1/50. A manera de justificación se dijo solo lo siguiente:

No disponemos de datos definidos para conocer el porcentaje de incidencia de [minucias en un patrón específico]... De hecho, es absurdo utilizarlo en cualquier proporción cercana a 4 en 1, por el porcentaje de incidencia de cualquiera de estos detalles; sería más bien 1 en 50, o 1 en 100. . . (Wilder y Wentworth, 1918, pág. 321).

³ Galdino Ramos. *De Identificação*, Río de Janeiro, 1906. Locard (1914) hace referencia el trabajo de Ramos, afirmando que Ramos calcula que se necesitarían 4.660.337 siglos antes de que dos personas nacieron con las mismas huellas digitales. Locard, sin embargo, fuertemente en desacuerdo con los cálculos de Ramos, afirmando que estaban en error porque Ramos utiliza un número incorrecto de las minucias de la huella digital como su base para los cálculos. Locard no indicó cómo Ramos calcula sus valores, por lo que no se puede saber si Ramos sobreestimado o subestimado en sus cálculos.



El modelo Galton sólo reconocía y utilizaba aproximadamente 35 minucias en el “bulbo” del dedo (es decir, en la porción central de la punta del dedo) (Galton, 2005, pág. 97-98). Wilder y Wentworth (como hizo Balthazard) reconocieron que hay “entre 60 y 100 detalles separados” en una huella dactilar completa (Wilder y Wentworth, 1932, pág. 319).

El modelo de Pearson (1930) (Pearson, 1930, pág. 182). Karl Pearson, un matemático y estadístico eminente del siglo 19 (famoso por sus muchas contribuciones en el campo de la estadística, incluyendo la famosa prueba de chi-cuadrado), no creó un modelo de huella digital en sí. Más bien, al escribir la biografía de su buen amigo y colega Sir Francis Galton, Pearson criticó el modelo de Galton. Pearson sugirió que una estimación más adecuada de la probabilidad de un evento de minucias era 1/36 en lugar de 1/2 como había utilizado Galton.

El modelo Roxburgh (1933) (Roxburgh, 1933, pág. 189-214). El modelo de T.J.Y. Roxburgh incorporó varios conceptos innovadores. En primer lugar, incluyó un factor para el número de crestas que intervienen desde un punto característico al origen, utilizando un sistema de coordenadas polar. Todos los modelos anteriores (y posteriores) usaban áreas rectangulares o sistemas de coordenadas cartesianas. En segundo lugar, Roxburgh incluyó un factor de claridad, reconociendo que la claridad puede ser baja debido a manchas o borrones, y a veces el tipo de minucias presentes en una impresión puede ser ambiguo. El factor, denominado “Q” de calidad, está permitido para el ajuste de probabilidades basado en la calidad de un punto característico. El modelo Roxburgh también incorporó factores para el tipo de patrón y el tipo de minucia característica (este último similar al modelo Balthazard).

Roxburgh también proporcionó una tabla de probabilidades para hacer coincidir las impresiones latentes de la escena del crimen como una medida de la probabilidad de encontrar esa disposición de minucias. La tabla que dice probabilidades de 1 a 35 minucias coincidentes para 4 clases de claridad: “ideal”, “bueno”, “pobre” y “peor”. Partiendo de estos cálculos, se proporciona una segunda tabla (Tabla 14-1) para el número mínimo de puntos minucias necesarias para declarar una identificación positiva entre una impresión latente⁴ de la escena del crimen y un ejemplar

conocido. Roxburgh incluyó un factor de error, con límites superiores e inferiores de margen de error de 1/500,000 (si la designación del dedo es desconocido) y 1/50,000, respectivamente. Roxburgh escribió:

Tomando el valor de 1/50.000 como el margen de seguridad, vemos entonces que con una impresión promedio buena, de 8 a 9 puntos son suficientes para la seguridad; para una impresión pobre promedio, se requieren de 9 a 10 puntos; y para una impresión pobre 11 puntos; y para una impresión muy pobre, que no muestre la forma y ni el centro, de 15 a 16 puntos. Para una muy buena impresión (casi una impresión ideal), de 7 a 8 puntos serían suficientes. (Roxburgh, 1933, pág. 212).

Roxburgh esencialmente calculó los umbrales mínimos basado en una examinación cuantitativa-cualitativa.

El modelo Cummins and Midlo (1943) (Cummins and Midlo, 1943, pág. 147-155). El modelo utilizado por el Dr. Harold Cummins y el Dr. Charles Midlo es idéntico al modelo Wilder y Wentworth, con la excepción de un factor para el tipo de patrón. Ellos razonaron que la probabilidad de obtener el patrón más común de huellas digitales (una presilla ulnar) con número de crestas similar (basado en 11 crestas) era 1/31. Por lo tanto, como un límite superior, este factor se multiplica con la probabilidad de una disposición de minucias.

El modelo Amy (1946-1948) (Amy, 1946a, pág. 80-87; 1946b, 188-195; 1948, pág. 96-101). Lucien Amy desarrolló un modelo que incorpora dos factores esenciales de la individualidad: el número y posición de las minucias y su tipo. Amy primero derivó información para el tipo de minucias a partir de la observación de la frecuencia de incidencia en 100 huellas dactilares. Todos los modelos anteriores, ya sean frecuencias asignadas arbitrariamente o frecuencias iguales adquiridas. Amy utilizó los criterios de Balthazard de bifurcación a la izquierda o la derecha y final de la cresta hacia la izquierda o hacia la derecha, pero encontró que este tipo de minucias particulares no se distribuyen de manera uniforme. A partir de estas distribuciones, Amy calculó un factor para el tipo de minucias (incluyendo la orientación).

Así, Amy calculó el número total posible disposición de minucias, dado un número de minucias. Hizo esto utilizando una distribución binomial. Este tipo de distribución de probabilidad y modelado sería similar a calcular de cuántas

⁴ Técnicamente, la tabla fue útil para cualquier par de imágenes basadas en la calidad de las imágenes, por ejemplo, comparar una impresión en tinta “ideal” con una impresión en tinta corrida “del peor tipo”.

TABLA 14-1

Los cálculos de Roxburgh para el número mínimo de detalles necesarios para declarar una coincidencia positiva, con un margen de error de 1 en 50 000.¹

Población o Número en clase ²	Character of Print				
	(i) Ideal	(ii) En promedio buena	(iii) En promedio mala	(iv) Deficiente	(v) Muy mala
10 ¹	2	3	3	3	8
10 ²	3	3	4	4	9
10 ³	4	4	5	6	10
10 ⁴	4/5	5	6	7	11
10 ⁵	5	6	6/7	8	12
10 ⁶	6	7	7/8	9	13
10 ⁷	7	8	8	10	14
10 ⁸	7	8	9	11	15/16
10 ⁹	8	9	10	12	16/17
1.6 x 10 ⁹ (mundo)	8	9	10/11	12/13	17
1.6 x 10 ¹⁰ (dedo descono- cido)	9	10	11	13	18

Notas

(1) Tabla 14-1 muestra el número de puntos que se requieren para la seguridad de los cinco tipos de impresiones. Las primeras cuatro columnas se basan en la disminución de los niveles de calidad; la quinta columna se obtuvo mediante el uso de la calidad de impresión más baja y teniendo un margen de error de 1/50.000.

(2) Las cifras se dan en cada caso para que se conoce la designación del dedo. Si se desconoce, la clase se multiplica por 10, y el número de puntos necesarios es como para la clase siguiente a continuación en la tabla.

(Adaptado de Roxburgh, 1933.)

maneras diferentes se puede organizar un cierto número de automóviles en un estacionamiento con un número fijo de espacios, en donde cada vehículo se estaciona en un espacio, pero no todos los espacios están llenos y, finalmente, el lote en sí tiene un tamaño fijo determinado.

Para calcular la probabilidad de duplicar una disposición determinada de minucias, Amy multiplicó estos dos factores (tipo de minucias y disposición de minucias) y añadió un factor de corrección para los grupos de minucias.

Amy calculó también, a partir de su modelo, la posibilidad de una coincidencia falsa. Amy mostró que a medida que el número de comparaciones para una disposición particular

aumenta, también lo hacía la probabilidad de encontrar un donante coincidente y lo mismo sucedió con la posibilidad de una falsa coincidencia. La posibilidad de encontrar configuraciones similares en mil millones de personas es mucho mayor que cuando se compara con uno o dos individuos. Las observaciones de Amy son una consecuencia directa de la idea de que incluso el más raro de los eventos tiene esperanza de incidencia cuando el número de juicios es muy grande. Este es un concepto crítico, especialmente cuando los efectos potenciales de grandes bases de datos AFIS se consideran, así como la posible correlación con eventos recientes (por ejemplo, el incidente Brandon Mayfield—sección 14.3.3.4) se debe considerar (Stacey, 2004, pág. 706-718).



Amy sugirió que si una configuración de minucias se compara con uno o dos sospechosos y se declara una coincidencia, constituye una evidencia más fuerte que si una configuración de minucias se compara con mil millones de personas. Así, la fuerza de la coincidencia se reduce por un gran número de comparaciones y la probabilidad de una falsa coincidencia aumenta, o los criterios de coincidencia deben ser más severos cuando se comparan con una gran población para lograr el mismo nivel de confiabilidad. Sin embargo, la posición de Amy es que la verdad de la conclusión depende tanto de la fuerza de la evidencia (la coincidencia) y el tamaño de la población relevante.

Respecto a un debate similar en relación con evidencia de ADN y búsquedas en bases de datos de ADN, Donnelly y Friedman trataron la fuerza de la evidencia (la rareza de un perfil) y la fuerza de la decisión de identificación (la probabilidad de que el perfil se haya creado por el acusado) de manera separada (Donnelly and Friedman, 1999, pag. 1/9). Según ellos, una coincidencia de ADN proviene, o de un solo sospechoso proporcionada por la investigación policial (lo que ellos denominan como un caso de “confirmación”) o bien, la coincidencia proviene de una gran base de datos de búsqueda (lo que ellos denominan como un caso de “rastreo”). En cualquier caso, la rareza del perfil no disminuye⁵. Sin embargo, la posibilidad de que el perfil se haya originado por el acusado (y de ahí la solidez de los argumentos de la fiscalía) dependerá de si el sospechoso se seleccionó de un caso de rastreo, o de un caso de confirmación. Desde un enfoque estadístico, las probabilidades previas para hipótesis de la fiscalía (la culpa) son drásticamente diferentes en un caso de confirmación con respecto a un caso de rastreo. En el caso de confirmación, la policía presumiblemente tenía información previa través de la investigación para llegar a un sospechoso particular. La coincidencia de ADN ahora añade un peso significativo al caso. En el caso de “rastreo”, en ausencia de cualquier otra prueba para empatar el sospechoso con la escena del crimen, el caso del fiscal es mucho más débil dado sólo la

⁵ Algunas fuentes creen que la rareza del perfil no cambiaría en absoluto en estas dos situaciones. Donnelly y Friedman (1999) argumentaron que la rareza del perfil realmente cambiaría y tener más peso después de una búsqueda de base de datos, porque una gran parte de la población se ha excluido efectivamente como un donante potencial, lo que demuestra empíricamente la rareza del perfil de ADN. Literalmente, el denominador para calcular la rareza de un perfil cambiaría después de una gran base de datos de búsqueda, ya que se sabe cuántos individuos no tenían el perfil. Debate significativo rodea a este tema. El debate ilustra la diferencia clásica entre los enfoques frecuentista y bayesiano.

coincidencia de ADN obtenida a partir de una base de datos grande, en donde existe una mayor posibilidad de falsa coincidencia. Es importante mencionar los paralelos con exámenes crestas de fricción y bases de datos AFIS, sobre todo porque la profesión explora un enfoque probabilístico para exámenes de crestas de fricción.

El modelo Trauring (1963) (Trauring, 1963, pág. 938-940). El modelo creado por Mitchell Trauring no era un modelo para el cálculo de la individualidad de huellas dactilares per se, sino más bien para la estimación de la probabilidad de una falsa coincidencia para un individuo, en caso de que se le busque en un sistema de identificación de huellas dactilares automatizado, teóricamente propuesto. El modelo Trauring es muy similar en los supuestos y cálculos al modelo Balthazard, y se deriva del modelo de Galton. Sin embargo, en lugar de utilizar la probabilidad de 1/2 (0,50) para un evento de minucias, Trauring calculaba la probabilidad de que un evento de minucias sea 0,1944. Este valor se basaba en sus observaciones de la densidad de minucias y su estimación de encontrar minucias de “prueba” en una región cuadrilátera delimitada por un conjunto de pequeñas minucias “de referencia”.

El modelo Kingston (1964) (Kingston, 1964; Stoney y Thornton, 1986a, pág. 1204-1209). El modelo creado por Charles R. Kingston es similar en enfoque y complejidad al modelo Amy. Kingston calculaba tres probabilidades críticas para evaluar la individualidad de huellas dactilares: (1) el número observado de minucias en una región de un tamaño determinado, (2) disposición observada de las minucias, y (3) tipo minucias observado.

El primer factor de Kingston, la probabilidad del número observado de minucias, se calculó a partir de observaciones de la densidad de las minucias de 100 huellas dactilares. Kingston encontró que esta distribución seguía un modelo estadístico conocido como distribución de Poisson. (Amy había utilizado una distribución binomial, pero bajo estas condiciones, la distribución binomial es aproximadamente una distribución de Poisson.) Así, para un área de huella dactilar de tamaño específico, Kingston podía calcular la probabilidad de encontrar x número de minucias en este espacio.

También similar a Amy y a la analogía anterior de autos en un estacionamiento, Kingston calcula el número de posiciones y disposición para un determinado número de minucias. La analogía del aparcamiento es aún más apropiada para el modelo de Kingston, ya que éste se basó

en la asignación de la primera minucia en una posición, luego la segunda minucia ocuparía otra posición, y así sucesivamente. Esto es similar a coches haciendo fila para estacionarse en donde, después de que el primer coche ha aparcado, el segundo coche debe encontrar otro lugar y así sucesivamente.

El factor final de Kingston, el tipo de minucias, se basó en las frecuencias observadas por casi 2.500 minucias. A diferencia de los modelos anteriores, que suponían y estimaban varias distribuciones, o dependían únicamente de bifurcaciones simples y finales de crestas, Kingston calculó frecuencias relativas para finales de crestas, bifurcaciones, puntos, encerramientos, puentes, tri-radios y “otras” minucias.

El modelo Gupta (1968) (Gupta, 1968, pág. 130-134; Stoney y Thornton, 1986a, pág. 1191). El modelo creado por S.R. Gupta es el último de los modelos simples basados en el modelo Henry. Gupta hizo observaciones de la frecuencia de posición de las minucias a partir de 1.000 huellas dactilares. A diferencia de sus predecesores, él no estaba examinando la frecuencia (rareza) de un determinado tipo de minucias; más bien, examinó cuan a menudo aparecía un tipo particular de minucias en una posición específica. Refiriéndose de nuevo a la analogía del estacionamiento, es similar a observar la frecuencia con que un Ford se estaciona en un lugar en particular (a diferencia de un vehículo Chrysler, General Motors o Toyota). Gupta estimaba que las bifurcaciones y los finales de crestas generalmente aparecían en una posición particular, con una frecuencia de 1/10 y características menos comunes (como, puntos, vértices) con una frecuencia de 1/100. Gupta también incluyó un factor para tipo de patrón y conteo de crestas para el patrón.

El modelo Osterburg (1977-1980) (Osterburg et al., 1977, pág. 772-778; Sclove, 1979, pág. 588-595; 1980, 675-695). El modelo Osterburg fue propuesto por Osterburg, Parthasarathy, Raghavan, y Sclove en 1977. El modelo se modificó por el trabajo adicional hecho por Sclove en 1979 y 1980. El método básico Osterburg era dividir una huella digital en células cuadradas, en donde cada célula tiene un área de 1 mm cuadrados. Osterburg observó las frecuencias relativas de 13 eventos diferentes de las crestas en todas estas células. Estos eventos no incluyeron ningún caso (una célula vacía), final de cresta, bifurcación, isla, punto, etcétera. Cabe destacar que calculó la rareza de

estos eventos, utilizando solamente 39 huellas dactilares para hacerlo.

Posteriormente, consideró que la rareza de la disposición de una huella dactilar sería el producto de todas las frecuencias de las minucias individuales y celdas vacías. Dado un parcial de 72 mm cuadrados de huella dactilar, si una tiene 12 finales de crestas (cada 1 ocupa una célula) y 60 celdas vacías, la probabilidad de este evento es $(0.766)^{60} (0.0832)^{12} = 1.25 \times 10^{-20}$, donde 0.766 y 0.0832 son las frecuencias observadas por Osterburg de una celda vacía y un final de cresta, respectivamente.

Finalmente, Osterburg corrigió el número de posibles posiciones de este grupo de minucias puede tener. Este factor depende del tamaño de esta huella dactilar parcial cabiendo físicamente en todos los bloques de huellas dactilares completamente rotadas en una tarjeta decadactilar. De nuevo, en referencia a la analogía del estacionamiento, es igual a tomar una fila de coches y lugares vacíos de un lote y ver de cuántas maneras puede caber físicamente ese pedazo en todo el estacionamiento. Este enfoque es algo similar al de Amy.

Uno de los mayores problemas con el modelo Osterburg es la suposición de que cada evento celular es independiente. Por ejemplo, si una celda contiene una minucia, es poco probable que las ocho células circundantes también contengan minucias. Generalmente no todas las minucias se agrupan. Sclove reconoció que la presencia o ausencia de minucias en un grupo de células influirá en la presencia o ausencia de minucias en las células vecinas. Sclove modificó las frecuencias de eventos de Osterburg para reflejar esta dependencia.

El modelo Stoney y Thornton (1985-1989). Cronológicamente, hasta este punto, el conocimiento de los modelos de individualidad de las huellas dactilares en el medio era escaso. Stoney y Thornton, revisaron críticamente todos los modelos antes mencionados, en parte para satisfacer una parte de los requisitos de tesis de Stoney; hicieron esto poniendo atención a sus debilidades y fortalezas (Stoney and Thornton, 1986a, pág. 1187-1216). Partiendo de su revisión, Stoney y Thornton propusieron una serie de criterios que el modelo ideal debería tener para el cálculo de la individualidad de una impresión, así como para determinar la fuerza probabilística de una coincidencia. Stoney y Thornton identificaron que el modelo ideal debe incluir las siguientes características:



1) *Estructura de crestas y descripción de la ubicación de las minucias*

Los conteos de crestas deben tenerse en cuenta para la medición de distancias entre características. Para las características en la misma cresta, se deben utilizar distancias lineales, entendiendo que hay tolerancia aceptable de distorsión. (Aunque este autor sugiere que cuando la claridad es lo suficientemente alta, se podría contar las unidades de crestas involucradas, lo que evitaría que estuvieran sujetas a la distorsión de distancia lineal.)

2) *Descripción de la distribución de minucias*

Las minucias no están distribuidas uniformemente en una huella dactilar y pueden variar en densidad (como lo indica Kingston) y la relación condicional (como lo indica Sclove). Una distribución precisa de las minucias para una región específica, debe ser propiedad del modelo ideal.

3) *Orientación de las minucias*

Con la excepción del punto o una cresta muy corta, las minucias tienen una orientación a lo largo del flujo de la cresta que debe ser considerada.

4) *Variación en los tipos de minucias*

La frecuencia relativa de minucias se debe considerar, así como el modelo ideal debe considerar la ausencia de minucias (similar al modelo Osterburg / Sclove).

5) *Variaciones entre impresiones de la misma fuente*

El modelo ideal debe tener en cuenta la flexibilidad de la piel, en donde algunas de las características (como el flujo de crestas y distancias lineales) no serían tan robustas como otras características (por ejemplo, la ubicación de minucias en una cresta y el número de crestas entre minucias). La poca claridad, la distorsión y la variabilidad dentro de la fuente se deben considerar.

6) *Número de orientaciones y comparaciones.*

El número de maneras de orientar un fragmento de huellas digitales puede variar. Por ejemplo, un delta lógicamente podría estar orientada de tres maneras diferentes. También, en un individuo con un patrón de bucle en cada dedo de la mano y del pie, y varios deltas en las palmas de las manos y en las plantas de los pies, una sola formación de delta podría compararse de casi 60 formas diferentes con un solo individuo. Entre más orientaciones pueda asumir una impresión, será posible hacer más comparaciones. Tal como Amy observó, entre más comparaciones que se lleven a cabo, más oportunidades habrá de que se dé una falsa coincidencia.

El modelo propuesto por Stoney y Thornton fue un estudio de pares minucias, dentro de la estructura de crestas de la impresión. Se realizaron análisis estadísticos en 2645 pares de minucias de 412 huellas digitales (todas impresiones distales masculinas de la punta de los pulgares) (Stoney y Thornton, 1987, pág. 1182-1203) tratando de satisfacer todas las condiciones ideales que ellos mismos propusieron. Stoney y Thornton fueron capaces de satisfacer la mayoría de sus condiciones y desarrollaron un modelo para describir minucias (Stoney y Thornton, 1986b, pág. 1217-1234).

En el modelo de Stoney y Thornton, cada par de puntos característicos se describe por los acontecimientos de las minucias (es decir, el tipo de minucias, orientación, conteo intermedio de crestas, y distancia lineal) y la posición espacial del par dentro de todo el patrón de huella dactilar. La combinación de todos los pares de minucias es una medida de individualidad para esa impresión. Así, Stoney y Thornton describieron un modelo que incorporaba muchos de los componentes esenciales para la determinación de la individualidad de la disposición de crestas de fricción.

El modelo Champod y Margot (1995-1996) (Champod y Margot, 1996a, 1996b; Stoney, 2001, pág. 373-378). Hasta este punto, todos los cálculos anteriores, así como las observaciones de minucias habían sido hechas a mano e involucraban pequeñas bases de datos de huellas dactilares (el modelo Stoney y de Thornton hasta ahora utiliza la mayor base de datos de 412 impresiones, aunque solo de pulgares). El modelo Champod y Margot fue el primero en utilizar un algoritmo computarizado para procesar las imágenes de huellas dactilares. Utilizaron una base de datos de 977 huellas dactilares compuestas de presillas cubitales de los dedos medio e índice y verticilos del dedo medio.

Champod y Margot, al igual que Stoney y Thornton, primero realizan una descripción estadística sistemática de las minucias de las huellas dactilares. Calcularon la densidad de minucias, así como su distribución en las diversas regiones de la impresión, la frecuencia de los tipos de minucias, la orientación de las minucias, y longitudes de minucias compuestas (por ejemplo, crestas cortas, encerramientos).

Al usar su información, pudieron calcular las probabilidades de configuraciones y combinaciones de minucias específicas. Estas probabilidades indican la probabilidad de recurrencia por una configuración de minucias específica y por lo tanto se puede expresar como una medida de la fuerza de la coincidencia.

El modelo Meagher, Budowle, y Ziesig (1999) (*U.S. vs. Mitchell*, July 8, 1999, pág. 157-198; July 9, 1999, pág. 29-139) Este modelo, a menudo llamado “estudio 50K contra 50K,” fue un experimento llevado a cabo por el FBI junto con Lockheed Martin, Inc., en respuesta al primer cuestionamiento *Daubert* en *U.S. vs. Byron Mitchell*. Este estudio no ha sido publicado, pero las descripciones del estudio y los datos se encuentran dentro de los documentos y testimonios proporcionados por Stephen Meagher, Bruce Budowle, y Donald Ziesig en *Mitchell*.

El experimento primario realizada por Meagher y sus colegas, utiliza algoritmos informáticos AFIS para comparar cada una de las 50.000 imágenes de huellas dactilares (todas son presillas izquierdas de hombres blancos) contra sí misma,⁶ y luego con las 49.999 imágenes restantes en la base de datos. El resultado de cada comparación produjo una puntuación proporcional al grado de correlación entre las dos imágenes. Es fundamental tener en cuenta que todos los modelos anteriores poseen cálculos de individualidad basados en la disposición de minucias predicha; sin embargo, las puntuaciones en este modelo son una función de los algoritmos de AFIS y la lógica de las coincidencias.

Presumiblemente, la puntuación más alta resultaría cuando una imagen se compara consigo misma. Todas las 49.999 puntuaciones de comparación restantes se normalizaron (para ajustar una curva normal estándar) con la puntuación más alta. Posteriormente, se examinaron las 500 mejores puntuaciones para cada impresión. A partir de esta información, Meagher et al llegaron a la conclusión de que, con base en la puntuación normalizada más alta (en promedio de todos los 50.000 intentos), la probabilidad de que dos huellas dactilares idénticas, totalmente rotadas es menor que 1×10^{-97} .

⁶ Es importante tener en cuenta que la imagen se compara contra sí mismo. Por lo tanto, el modelo no tiene en cuenta la variabilidad intraclase, es decir, múltiples representaciones de la *misma huella digital* que muestra las variaciones en el posicionamiento de puntos característicos debido a la distorsión y el estiramiento de la piel. Esto no quiere decir, por ejemplo, dos impresiones entintadas desde el mismo dedo; más bien, la imagen se comparó literalmente contra sí mismo. Uno podría esperar que, obviamente, el resultado del partido más alto producido será de la comparación de la imagen a sí mismo. Este fue el caso en todos los 50.000 juicios. Esta importante distinción es también un punto clave de la crítica y se considera una falla fundamental en el modelo por algunos revisores (Stoney, 2001, pág. 380-383; Wayman, 2000).

Meagher y sus colegas llevaron a cabo un segundo experimento, idéntico al primero, con la excepción de que en estas pruebas, se utilizaron huellas latentes “simuladas”. Estas huellas latentes simuladas eran imágenes recortadas de la original, que mostraban sólo el 21,7% de la zona central de la imagen original. Se utilizó el valor del 21,7%, ya que constituye la superficie media de una huella latente de una encuesta, llevada a cabo por este grupo, de 300 huellas latentes reales.

Cada huella latente simulada se buscó contra de la imagen a la que pertenecía, y las otras 49.999 imágenes. Se calcularon y ordenaron los puntajes, y los 500 mejores se examinaron. Las puntuaciones fueron estratificadas para conteo de minucias en las huellas latentes simuladas; los conteos de minucias en estas impresiones simuladas variaron de 4 a 18 minucias. Meagher y sus colegas calculan las probabilidades de una falsa coincidencia en este segundo experimento en un rango de 1×10^{-27} (para 4 minucias) a 1×10^{-97} (para 18 minucias).

El Modelo Pankanti, Prabhakar, y Jain (2001) (Pankanti et al., 2001, pág. 805-812). El modelo propuesto por Pankanti, Prabhakar, y Jain es más una evaluación de las probabilidades de la tasa de falsas coincidencias en un modelo AFIS, que una evaluación de la individualidad de una huella dactilar. El modelo esencialmente calcula el número de posibles disposiciones de terminaciones de crestas y bifurcaciones, como se ve desde el punto de vista de un AFIS. Sin embargo, una nueva e importante inclusión es la introducción de la variación intercalase para una impresión específica (es decir, la cantidad de variación puede observarse en una sola huella digital cuando varias normas se toman de la misma huella dactilar).

Pankanti y sus colegas determinaron la tolerancia para las minucias de una base de datos de 450 pares acoplados. Estas imágenes fueron pares de la misma huella tomada por lo menos con una semana de diferencia. Las minucias correspondientes para cada minucia, se encuentran en su pareja. Se calcularon las diferencias espaciales para todas las minucias correspondientes en los pares y de acuerdo al mejor ajuste de su información, se calculó la tolerancia teórica para la localización de minucias. Es importante tener en cuenta que su métrica calculada para la tolerancia es un una espacial (con lineal [x,y] y componentes angulares (θ)), y no una basada en crestas (como Stoney señaló



anteriormente como componente crítico). Así, en este modelo, la computadora aceptaría minucias “coincidentes” si tuvieran una ubicación similar en el espacio (x , y , θ) incluso si los recuentos de crestas difirieran significativamente de un punto fijo.

Mediante el uso de un dispositivo de captura electrónica, Pankanti y sus colegas recolectaron un total de 4 imágenes de cada uno de 4 dedos de 167 personas, para un total de 668 imágenes de huellas digitales, cada una cuatuplicada. Repitieron este proceso con un segundo dispositivo de captura; crearon dos bases de datos, una para cada uno de los dos dispositivos de captura. Dado que cada huella digital en la base de datos constaba de cuatro imágenes del mismo dedo, capturadas por separado, Pankanti y sus colegas midieron las diferencias en los lugares de las minucias en cada imagen para determinar la tolerancia aceptable con base en las variaciones naturales de ese dedo.

A partir de estos cálculos, Pankanti y sus colegas derivaron una expresión para calcular la probabilidad de un patrón coincidente de huella dactilar, teniendo en cuenta el tamaño específico de la impresión y del número de minucias disponibles para equiparar. Calcularon que para que coincidan 36 minucias con una disposición de 36 minucias (similares a las 35 minucias que propuso Galton en una impresión promedio que incluía solo terminaciones de crestas y bifurcaciones) la probabilidad fue 5.47×10^{-59} . Para hacer coincidir 12 de estas minucias, con los mismos parámetros, la probabilidad era 6.10×10^{-8} . (Esto, por supuesto, implica que 24 de estas minucias no coinciden, y esto sería inaceptable como modelo para el análisis comparativo.) El grupo calculó la probabilidad de hacer coincidir todas las 12 minucias, con sólo una disposición de 12 minucias. Esta probabilidad fue 1.22×10^{-20} .

El grupo también calculó, utilizando parámetros similares y algunos supuestos básicos, una tabla que se basa en muchos de los modelos anteriores de la probabilidad de coincidencia de 36 minucias (considerada por este modelo como una huella digital completa) y 12 minucias (12 basadas en la “regla de 12 puntos,” que algunos han atribuido a la regla tripartita de Locard). Los modelos Amy, Kingston y Champod no se incluyeron debido a que estos modelos eran más complejos que los otros, e incluyeron variables no consideradas por este grupo (por ejemplo, la inclusión de tipo minucias de Kingston).

El autor de este capítulo eligió realizar cálculos de ocho minucias, por motivo de sus experiencias personales. El autor ha sido testigo de examinadores en Estados Unidos llevando a cabo individualizaciones con ocho minucias y poco o ningún detalle de tercer nivel. En efecto, las individualizaciones se han declarado únicamente con disposiciones de ocho minucias, con muy poca o nada de consideración por la frecuencia del tipo de minucias, la configuración regional en la impresión (es decir, delta o periferia), o la complejidad de la disposición. El autor calculó como un límite inferior, basado en las ecuaciones proporcionadas por Pankanti y sus colegas, las probabilidades para la coincidencia de ocho minucias comunes de estos modelos. Los cálculos de Pankanti y sus colegas, los cálculos adicionales del autor para ocho minucias utilizando los parámetros Pankanti, así como valores exclusivos para el resto de modelos no incluidos por Pankanti y sus colegas (Champod, Amy, Meagher, y Kingston) se pueden encontrar en la Tabla 14 -2 y pies de página.

Resumen de los modelos de probabilidad. Hay dos observaciones muy importantes que se deben hacer cuando se examinan los modelos previos de probabilidad propuestos para la individualidad. El primer comentario es que no importa cuál es el modelo que se elija (y entre todos los expertos que han revisado este tema, es evidente), uno puede alcanzar de manera bastante rápida probabilidades asombrosamente pequeñas de que dos individuos compartan una disposición de minucias. Todos estos modelos demuestran que las minucias de las huellas dactilares son características altamente discriminativas y por lo general, entre más minucias se comparten entre impresiones, menos probable se vuelve el observar estas características de manera aleatoria en cualquiera otra sección de la población.

Aunque la tecnología AFIS y el acceso a bases de datos de imágenes más grandes, hacen esta posibilidad más probable, todavía es un evento raro. Exactamente “cuan raro” es lo que se debe concretarse. La tecnología y las bases de datos actualmente existen para estimar adecuadamente estos eventos.

El segundo comentario es que estos modelos no han sido validados. Las probabilidades asombrosamente bajas propuestas por los modelos no se han probado en las grandes bases de datos el mundo real. Estas probabilidades pueden ser precisas o pueden subestimar o sobrestimar la verdad en gran medida. Es simplemente algo desconocido en este

Tabla 14-2

Cálculos de Pankati y sus colegas (con extras del autor del capítulo).

Probabilidad de hacer coincidir una configuración específica de:			
Autor y año	36 Minucias	12 Minucias	8 Minucias
Galton (1892)	1.45×10^{-11}	9.54×10^{-7}	6.06×10^{-6}
Henry (1900)	1.32×10^{-23}	3.72×10^{-9}	9.54×10^{-7}
Balthazard (1911)	2.12×10^{-22}	5.96×10^{-8}	1.53×10^{-5}
Bose (1917)	2.12×10^{-22}	5.96×10^{-8}	1.53×10^{-5}
Wilder y Wentworth (1918)	6.87×10^{-62}	4.10×10^{-21}	2.56×10^{-14}
Pearson (1930)	1.09×10^{-41}	8.65×10^{-17}	1.22×10^{-12}
Roxburgh (1933)	3.75×10^{-47}	3.35×10^{-18}	2.24×10^{-14}
Cummins y Midlo (1943)	2.22×10^{-63}	1.32×10^{-22}	8.26×10^{-16}
Trauring (1963)	2.47×10^{-26}	2.91×10^{-9}	2.04×10^{-6}
Gupta (1968)	1.00×10^{-38}	1.00×10^{-14}	1.00×10^{-10}
Osterburg et al. (1977–1980)	1.33×10^{-27}	3.05×10^{-15}	3.50×10^{-13}
Stoney y Thornton (1985–1989)	1.20×10^{-80}	3.50×10^{-26}	7.50×10^{-17}
Pankanti et al. (2001) ^a	5.47×10^{-59}	1.22×10^{-20}	1.56×10^{-14}
Amy (1946–1948) ^b	$<<6.2 \times 10^{-18}$	3.4×10^{-14}	1.8×10^{-8}
Kingston (1964) ^c	3.90×10^{-97}	3.74×10^{-32}	1.97×10^{-20}
Champod (1995–1996)	Dos configuraciones:	Configuración #1: cinco finales de cresta y dos bifurcaciones = una probabilidad de 2.5×10^{-5} Configuración #2: tres finales de cresta, un cerca-miento, una espuela y una bifurcación opuesta= una probabilidad de 7.0×10^{-10}	
Meagher et al. (1999)	4 minucias = 1×10^{-27} 18 o más minucias = 1×10^{-97} Impresión totalmente rotada = 1×10^{-97}		

Notas:

Utilizando datos y ecuaciones proporcionadas por Pankanti et al. (2001, pág. 805-812) y con base en los modelos listados anteriormente, se han realizado cálculos adicionales para incluir a todos los modelos que aparecen en este capítulo y las probabilidades para la disposición de ocho minucias. Con la excepción de Champod, estos cálculos se basan en las modalidades de final de cresta y bifurcación, y no incluyen eventos de cresta más raros. Además, con la excepción de "Factor de Calidad" de Roxburgh, ninguno de los modelos representa mayor claridad o la presencia de detalles de tercer nivel.

^a Probabilidad de ocho minucias calculada utilizando los parámetros (M, m, n, q) igual a (57, 8, 8, 8). Se llegó al valor de M por una estimación de A, basada en un ajuste exponencial de los datos, que incluyen todos los ajustes de tolerancia, previstos en los cálculos Pankanti (Pankanti et al., 2001, pág. 805-812).

^b Basadas en las disposiciones específicas de las crestas vacías, los grupos de bifurcaciones y finales de crestas, ya sea que estén orientadas hacia la izquierda o la derecha. Las modalidades específicas de cada caso son descritas por Amy (1946b, pág. 194). Los cálculos de Amy sólo llegaron a 15 minucias, por tanto, el valor proporcionado para 36 minucias sería significativamente menor que el 6.2×10^{-18} como se indica en la Tabla 14-2.

^c El autor no pudo obtener el estimador de Kingston Poisson para el número esperado de minucias / área, ya que estos fueron empíricamente derivados de muestras de Kingston. Por lo tanto, los valores dados en la Tabla 14-2 corresponden a la suposición de que el número de puntos característicos observados en una región, era igual al número esperado de minucias para esa misma región. Los cálculos se basan también en el supuesto de exactamente la mitad de las minucias son bifurcaciones, y la mitad son finales de crestas, mediante el uso de valores para M (área) similares a los de Pankanti et al. (2001, pág. 805-812).



momento. Los modelos tienen valor y son importantes para el desarrollo de la disciplina, por supuesto, pero los pasos básicos de la comprobación, validación y posterior refinamiento, seguidos de más pruebas y validación (que es el tejido mismo de la prueba científica que estaba planteada al comienzo de este capítulo) no están. Stoney ha señalado acertadamente (Stoney, 2001, pág. 383):⁷

Desde un punto de vista estadístico, la base científica para la individualidad de huellas digitales es increíblemente débil. Comenzando con Galton y yendo hasta Meagher et al., ha habido aproximadamente una docena de modelos estadísticos propuestos. Estos varían considerablemente en su complejidad, pero en general ha habido mucha especulación y poca información. El trabajo de Champod es quizás la excepción, proporcionando los primeros medios realistas para predecir la frecuencia de aparición de combinaciones específicas de minucias de crestas. Ninguno de los modelos ha sido sometido a pruebas, que por supuesto es el elemento básico del enfoque científico. A medida que nuestra capacidad computacional aumenta, podemos esperar que existan los medios para adecuadamente modelar y probar las hipótesis relacionadas con la variabilidad de las huellas dactilares.

Es imperativo que el campo de la identificación de huellas dactilares esté a la altura de este desafío. Aunque la teoría de la formación biológica ciertamente apoya la noción de individualidad de la piel de crestas de fricción, debe ser respaldada por más pruebas empíricas. El modelo estadístico es un componente crucial para el logro de este objetivo, y se necesita más investigación y estudio en este campo.

Todos los modelos anteriores se lidiaban exclusivamente con la configuración de minucias. Con respecto a la ubicación de los poros sudoríparos, se han producido avances significativos desde la época de Locard. Ashbaugh reavivó el interés por los poros con ejemplos de casos de uso de poros de sudor para fines de individualización (Ashbaugh, 1983, 1999). Ashbaugh describe dos métodos para comparar la ubicación de poros (Ashbaugh, 1999, pág. 155-157). Se han logrado contribuciones significativas para el modelado de los poros de sudor por parte de Roddy y

Stosz (Stosz y Alyea, 1994; Roddy y Stosz, 1997, 1999). Más recientemente, Parsons y sus colegas informaron de mejoras adicionales para estudiar minuciosamente el modelado de poros (Parsons et al., 2008). Se llegó a la conclusión de que el análisis de los poros de sudor puede ser automatizado y proporcionar una medida cuantitativa de la fuerza de la evidencia.

14.3.2 Persistencia

14.3.2.1 Persistencia de detalles de primero y segundo nivel. Aunque Herschel y Faulds fueron dos de los más destacados pioneros que investigaron la persistencia de las crestas de fricción de la piel, fue Galton quien proporcionó la primera información real y estudio. Herschel y Faulds afirmaron haber examinado a cientos, quizás miles, de impresiones para llegar a esta conclusión. Herschel había estado empleando impresiones dactilares para identificaciones durante aproximadamente 20 años, y no había notado ningún cambio aparente en las formaciones de la crestas.

Usando una colección de impresiones entintadas proporcionados por Herschel, Galton, por su parte, llevaron a cabo una investigación exhaustiva sobre todas y cada una de las minucias presentes en impresiones dactilares (y en algunos casos palmares) de 15 individuos (Galton, 2005, pág. 89-99). El intervalo más largo entre los sujetos fue de 31 años; el intervalo más corto fue de 9 años. Curiosamente, Galton observó un solo caso en el que existía una discrepancia (Galton, 2005, pág. 97). En este caso la impresión entintada tomada de un niño (2 1/2 años) se comparó con una impresión del mismo dedo cuando el niño tenía 15. En la impresión inicial se puede ver una bifurcación que no está presente en esa región (es decir, la cresta es continua) en la impresión posterior (Figura 14-1). Galton comparó, en total, aproximadamente 700 minucias entre estos intervalos de tiempo. Sólo encontró un único caso de discrepancia. Misumi y Akiyoshi postularon que los cambios en la subestructura dérmica pueden haber causado la anomalía observada por Galton (Misumi y Akiyoshi, 1984, pág. 53). Ellos notaron varios cambios con la edad en la subestructura dérmica (por ejemplo, la proliferación de las papilas y cambios en las fuerzas adhesivas entre la epidermis y dermis) que pueden afectar a la aparición de las crestas epidérmicas y surcos.

⁷ Pankanti et al. (2001) fue publicado simultáneamente con el comentario de Stoney, y, por tanto, la exclusión de Pankanti et al. (2001) no fue un descuido o error por Stoney.

FIGURA 14-1

Placa de Galton 13. Un ejemplo de un cambio aparente en la aparición de las minucias de un individuo; las impresiones de este joven se tomaron con 13 años de diferencia. (Tomado de Galton, F., huellas dactilares; Dover: Mineola, Nueva York, 2005, pág. 97.)

Una ausencia en el niño →

← *A*



Wilder y Wentworth (1932, pág. 126-131) realizaron un estudio similar sobre las minucias de un sujeto, tomando impresiones en intervalos de aproximadamente 2 años de una chica joven a partir de 4 años, 11 meses de edad hasta los 14 años y 6 meses. Entre estos seis períodos de recolección, no se observaron cambios en las minucias del sujeto. Sin embargo, Wilder y Wentworth notaron una proliferación de crestas incipientes visibles a medida que el sujeto envejece. Este fenómeno ha sido observado y explorado en otros lugares (Stücker et al., 2001, 857-861).

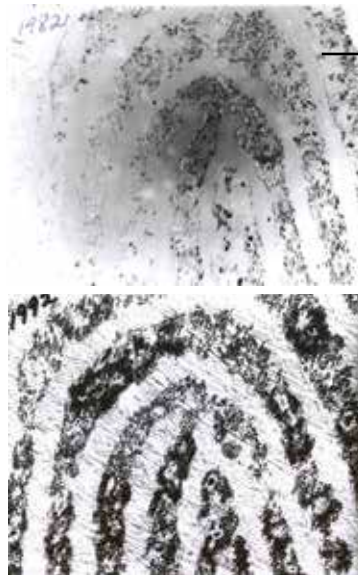
Otros casos en los que se ha examinado impresiones para determinar su persistencia después de largos intervalos se han observado en la literatura. Herschel hizo impresiones sucesivas de sus propias huellas digitales, a partir de los 26 años, y durante toda su vida hasta los 83 años (57 años en total) (Cummins y Midlo, 1943, pág. 40). No se observaron cambios en las minucias. Welcker (Cummins y Midlo, 1943, pág. 40-41) tomó impresiones de los dedos y las palmas de las manos a los 34 años y luego de nuevo más tarde a los 75 años (un intervalo de 41 años). Otro caso, reportado por Jennings (Cummins y Midlo, 1943, pág. 41) de impresiones palmares comparadas con 50 años de separación

(tomada a los 27 años y luego de nuevo a los 77 años). Finalmente, Galton continuó investigando la persistencia de la piel, aumentando el número de individuos que comparó hasta 25, en donde el mayor lapso entre impresiones eran 37 años (Wilder and Wentworth, 1932, pág. 128). Con la excepción del singular caso de Galton, ningún otro investigador reportó cambios en las minucias.

14.3.2.2 Persistencia del detalle de tercer nivel y pliegues.

Con respecto a los poros, Locard (1913, pág. 530-535) señala que las posiciones relativas de los poros permanecen sin cambios durante toda la vida. Meagher, en una audiencia *Daubert*, proporcionó imágenes de una huella latente y una impresión con tinta, que supuestamente provenían del mismo sujeto con un intervalo de 10 años (Figura 14-2). Las imágenes de los grabados contenían sólo dos pequeñas minucias, pero una cantidad extraordinaria de claridad, mostraba claramente los bordes y los poros. El detalle de tercer nivel se mantuvo sin cambios en ese lapso de 10 años.

Sin embargo, el ejemplo proporcionado por Meagher es anecdótico. La literatura actual carece de un amplio estudio que demuestra la persistencia del detalle de tercer nivel.

**FIGURA 14-2**

Exhibiciones 5-14 y 5-15 de U.S. vs. Mitchell, Daubert Audiencia, 8 de julio de 1999, testimonio de Stephen Meagher. La imagen en la parte superior es una impresión de la transpiración a la izquierda en el vidrio en 1982. La imagen en el fondo es una impresión en tinta en el papel de un mismo donante tomada en 1992.

Más específicamente, lo que falta para los examinadores de huellas latentes es un estudio integral, durante un largo período de tiempo, que demuestre la persistencia de detalles de tercer nivel en las impresiones captadas desde la piel crestas de fricción.

La persistencia de los pliegues de flexión palmar se observó por Herschel (Ashbaugh, 1999, pág. 190). Ashbaugh comparó 50 juegos de impresiones palmares tomadas de sujetos en dos distintas ocasiones, pasando por intervalos de 1 a 60 meses (Ashbaugh, 1999, pág. 189).

Ashbaugh encontró que los pliegues de flexión coincidían, pero señaló algunas variaciones en la apariencia o prominencia debido a la edad, la flexibilidad de la piel, u otros factores típicos. Del mismo modo, Evin y Luff (Ashbaugh, 1999, pág. 193-194; Luff, 1993, pág. 3) reportaron la persistencia de pliegues de flexión palmar después de realizar 600 comparaciones (de aproximadamente 100 personas) con tiempos significativas entre la recogida de muestras.

14.3.2.3 Teoría que apoya la persistencia de la piel con crestas de fricción. Los mecanismos biológicos para mantener la persistencia de las crestas de fricción de la piel, se encuentran directamente en la capa de regeneración que se encuentra en la interfase de la dermis y la epidermis. Esta capa se conoce como la capa basal o estrato basal (germinativo). La persistencia de la piel de crestas de fricción se mantiene por la capa basal y la relación conectiva de estas células a través de los desmosomas y los hemidesmosomas. Wertheim y Maceo revisaron y presentaron la investigación médica pertinente para apoyar en

este ámbito (Wertheim y Maceo, 2002, pág. 35-85; véanse los capítulos 2 y 3).

14.3.3 Metodología de comparación

14.3.3.1 Visión general de las metodologías de comparación. Respecto al cuestionamiento de Daubert, en cuestión de admisibilidad de evidencia, se refiere a si los principios científicos o tecnología en que se basan las conclusiones son fiables. Las secciones anteriores han demostrado investigaciones centrales que apoyan los principios básicos de la ciencia de la piel crestas de fricción (es decir, la unicidad y persistencia). La segunda parte de esta ecuación es la metodología de comparación empleada para comparar dos imágenes, usualmente una impresión latente y un ejemplar conocido.

En primer lugar, hay que señalar que si bien la metodología ACE-V es la metodología generalmente aceptada en los Estados Unidos (SWGFAST, 2002, pág. 2), Canadá, Australia y Nueva Zelanda, la metodología ACE-V no es la única metodología disponible. Por ejemplo, muchos países europeos se suscriben al “Método para la identificación de huellas dactilares”, como lo describe el Grupo de Trabajo Europeo de Interpol sobre Identificación de Huellas Dactilares (GTEIHD) (IEEGFI-II, 2004). Aunque esta metodología es muy similar en la mayoría de los aspectos a la metodología de la ACE-V, tiene algunas diferencias⁸. Además, las metodologías probabilísticas han sido sugeridas por algunos autores (Locard, Stoney, Evett y Williams, Champod), pero en la actualidad, este enfoque ha sido generalmente

rechazada como metodología viable en todo el mundo por los examinadores y los organismos profesionales que representan a los examinadores (SWGFAST, 2002, pág. 4; IEEGFI-II, 2004; Ashbaugh, 1999, pág. 147;⁹ IAI, 1979, pág. 1).

De hecho, la pena por un enfoque probabilístico es tan dura que un experto encontró que al dar opiniones de “probable, posible o probable individualización” puede ser descartado y negársele la continuación de la membresía en el IAI (IAI, 1979, pág. 1). Académicamente hablando y desde una perspectiva de cambios evolutivos de paradigmas en la ciencia forense, que exploran la viabilidad de la evidencia probabilística, puede tener sus beneficios. Estos esfuerzos no deben ser desechados sumariamente por la profesión, ya que estos métodos pueden producir herramientas para ayudar o mejorar las prácticas actuales.

14.3.3.2 Investigación relacionada con la metodología de comparación de huellas dactilares. Actualmente existen pocos estudios en la literatura relacionados directamente con la examinación y validación de la metodología de comparación de huellas dactilares. De hecho, estas obras no se encuentran antes de la decisión *Daubert* (1993).

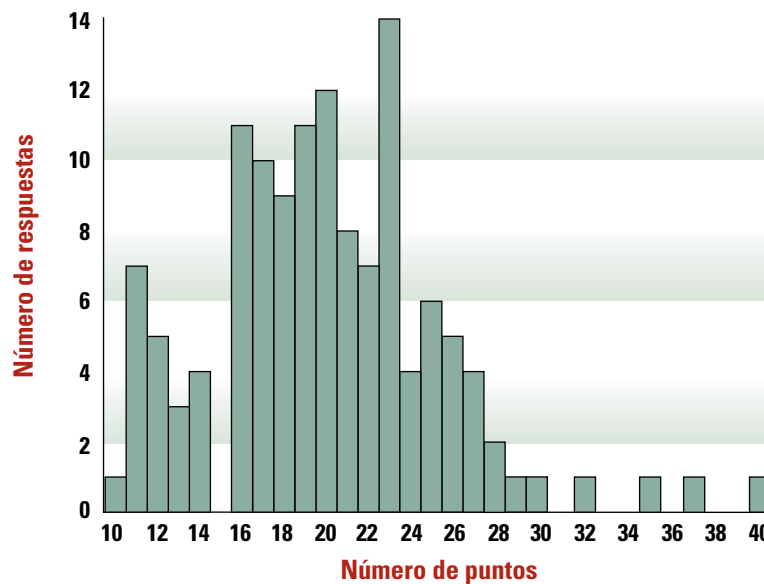
Osterburg (1964). Osterburg realizó la primera encuesta publicada de prácticas examinadoras impresión latentes (Osterburg, 1964, pág. 413-427). Osterburg envió encuestas a 180 dependencias en los 50 estados y recibió respuestas de 82 (46%). Las encuestas pedían a los expertos que clasificaran subjetivamente la frecuencia relativa de 10

tipos de características (finales de crestas, trifurcaciones, vértices, islas, etc.) basados únicamente en la formación del perito, la experiencia y colección personal. Osterburg tabuló las características clasificadas. También llevó a cabo una investigación en el material de literatura para determinar el número mínimo de minucias (puntos) necesarios para llevar a cabo una identificación positiva (individualización). En ese momento, se encontró que los individuos y las dependencias utilizan entre 6 y 18 minucias para lograr una individualización; la respuesta simple fue de 12. Se encontró que cuando los expertos estaban dispuestos a llegar a un dictamen por debajo de 12 minucias, era porque tenían “características inusuales”. Su estudio fue un intento de determinar lo que un experto entiende por “inusual”. Años más tarde, Osterburg y sus colegas (1977) midieron empíricamente la frecuencia de estas características. Los recuentos empíricos de estas características son muy similares a la evaluación intuitiva de los expertos en rareza.

Evet y Williams (1996). El primer estudio real de la metodología de comparación de huellas dactilares fue llevado a cabo por Evett y Williams (1996, pág. 49-73). A pesar de que su investigación se realizó en 1988-1989, no se publicó sino hasta 1996, aunque fue presentada en un simposio internacional en Ne'urim, Israel (Grieve, 1995, pág. 579). Su trabajo antecedió al conocimiento generalizado, la articulación y la aceptación general de la metodología ACE-V entre los examinadores. Evett y Williams investigaron la base para el umbral de 16 puntos en el lugar, en Inglaterra y Gales. En su estudio, se proporcionaron 10 series de comparaciones y devueltos por 130 peritos de varias dependencias en Inglaterra y Gales. Además, los investigadores visitaron las oficinas en los Estados Unidos, Canadá, Holanda, Francia y Alemania. Ellos también dieron a los expertos de estos países conjuntos de comparaciones, pero no incluyeron estos resultados. Ellos sólo reportaron la información del Reino Unido, al tiempo que hacían comentarios de manera general sobre los resultados internacionales. Los resultados de la información del Reino Unido mostró un sorprendente alto nivel de variación entre los expertos (Figura 14-3), no sólo en el número reportado de minucias correspondientes que el experto vio, sino también en si los expertos encontraron coincidencia suficiente para determinar una individualización. Es interesante observar que ningún experto informó una individualización errónea. Sin embargo, en un juicio con dos impresiones que se originaron de la misma fuente, 8% de los expertos del Reino Unido erróneamente desearon que las imágenes se hubieran originado a partir de la misma fuente.

⁸ Por ejemplo, a pesar de que las arrugas, cicatrices, y crestas incipientes son características completamente aceptables a partir de las cuales se puede hacer una individualización bajo la filosofía de ridgeología aplicada durante ACE-V, estas características no están aceptadas como única base para la individualización bajo la metodología IEEGFI. Estas características se pueden utilizar para añadir más peso a las minucias, dependiendo de su relación, pero las minucias deben estar presentes. Además, bajo la IEEGFI -II, las minucias son subjetivamente ponderadas por los examinadores basándose en su frecuencia, ubicación y características de crestas adyacentes, y en este papel, el detalle de tercer nivel y las características accidentales se pueden utilizar para mejorar el peso de las minucias. El método IEEGFI es bastante innovador y detallado en sus instrucciones para minucias ponderación. Un sistema de ponderación basado en la especificidad de las características presentes no es explícita en la metodología de la ACE-V, aunque para ser justos, pueden ser aplicadas por algunos examinadores, a sabiendas o inconscientemente, durante la etapa de evaluación de la ACE-V.

⁹ Ashbaugh en particular no indica específicamente que las conclusiones de probabilidad no se deben producir. Se limita a señalar que “extenso estudio es necesario antes de que este tipo de opinión probabilidad puede expresarse con cierto grado de confianza y coherencia dentro de la ciencia de identificación de las crestas de fricción” (Ashbaugh, 1999, pág. 147).

**FIGURA 14-3**

Un gráfico (re-creado) del estudio de Evett y Williams (1996), que representa la comparación de las imágenes marcadas "B". Al informar sobre el número de minucias que se encuentran en el acuerdo entre la huella latente y el ejemplar conocido, los encuestados mostraron gran variabilidad. Lo más notable fue la ausencia de la respuesta de los encuestados: "15", que era uno menos que el umbral de 16 puntos para declarar un resultado positivo (por el tribunal) en el Reino Unido.

Evett y Williams tampoco encontraron evidencia estadística de que el número de individualizaciones reportados por los expertos del Reino Unido estaba relacionado con los años de experiencia del examinador.

Como resultado de su investigación, los autores, al tiempo que recomendaban la normalización de la formación, las pruebas de certificación, pruebas de competencia regular, auditorías periódicas de los archivos de casos y pruebas de competencia ciega externa, de manera inequívoca declararon que no hay necesidad de una norma nacional de punto numérico predeterminado si se puede demostrar que cada experto está operando por encima de un nivel mínimo de competencia.

Puede que las directrices para la individualización sean deseables, pero éstas deben ser las recomendaciones generales y el experto debe permitir la libertad de ejercer sus propias competencias profesionales. En estas circunstancias, un conteo de puntos numérica rígida no sólo es innecesario, es irrelevante. (Evett y Williams, 1996, pág. 72).

14.3.3.3 Estudios sobre el porcentaje de error. Respecto a la metodología, otro factor comprobable de Daubert es la conocida tasa de error potencial (Daubert, 1993). Al estimar las tasas de error del examinador de impresiones latentes, algunos críticos (Cole, 2005, pág. 985–1078; Saks and Koehler, 2005, pág. 892–895) observaron el desempeño en los exámenes de aptitud del examinador

de impresiones latentes estandarizadas, que se aplican mediante una dependencia examinadora externa llamada Collaborative Testing Services. Saks y Cole también recurrieron a los sucesos anecdóticos en estudios de casos como indicadores de una tasa de error más grande que la reportada (Cole, 2005, pág. 996 a 1034; Saks, 2005). Es comprensible que, en ausencia de cualquier dato producido desde la profesión, tenían poco más que examinar.

En un intento de abordar la cuestión de la tasa de error, para así proporcionar una estimación del error mejor a la antes existente, para la profesión, los tribunales, y los críticos, Langenburg, Wertheim, y Moenssens realizaron un estudio sobre la tasa de error en dos etapas Langenburg et al., 2006, pág. 55-92). Durante la primera etapa del estudio, los investigadores evaluaron los resultados de la comparación de los participantes en un curso de formación en el que los se compararon impresiones de piel de crestas de fricción (huellas latentes contra ejemplares conocidos). En las aproximadamente 6.000 comparaciones realizadas por cerca de 100 expertos (como se definió por el estudio, estos expertos contaban con más de un año de experiencia en la comparación de huellas latentes), los investigadores encontraron un total de 61 errores en el más alto nivel de confianza: 2 individualizaciones erróneas y 59 errores administrativos. Aunque 59 errores fueron considerados errores administrativos, 2 de estos errores administrativos asociaron erróneamente la persona incorrecta con la evidencia; el otro 57 fueron a la persona correcta, pero enumeran los dedos o la palma equivocados. Se proporcionaron los criterios en el estudio para determinar los errores

administrativos frente a una individualización errónea. En la segunda etapa de este estudio, se pidió a 16 expertos que verificaran independientemente los resultados de un examinador anterior.

A cada participante se le proporcionó un paquete que contenía 10 comparaciones y la declaración de resultados de un examinador anterior. Ocho individualizaciones del verificador eran acertadas. Dos de los resultados fueron errores e incluían una de las dos individualizaciones erróneas de la etapa anterior. El otro error debió haber sido un error administrativo o una segunda individualización errónea, dependiendo de qué paquete recibió al azar el participante. El verificador no recibió aviso de que habría errores en el paquete de verificación. Ningún experto verificó cualquiera de los errores que se les presentaron en este estudio. El estudio muestra numerosas limitaciones, lo más destacable es la ausencia de no coincidencias (por lo tanto no se estudiaron falsos negativos) además del hecho de que los experimentos no se llevaron a cabo bajo condiciones de “casos de trabajo”.

Por último, es importante tener en cuenta las observaciones empíricas de los profesionales forenses en todo el mundo. Aunque estos datos no se pueden ver fácilmente en la literatura, hay que tener en cuenta las experiencias colectivas de las decenas de miles de examinadores de huellas latentes de todo el mundo durante los últimos 100 años, que han sido testigos del éxito recurrente, aplicación y precisión de la metodología durante la formación de los nuevos examinadores, administración de pruebas de competencia interna, y otras herramientas de formación (en donde las respuestas son conocidas de antemano por el administrador de la prueba). Si la metodología de comparación no fue muy precisa, sería común ver errores con frecuencia durante el análisis y la medición de competencias del examinador. Este simplemente no es el caso y no ha sido la experiencia del autor al conversar con los instructores aquí en los EE.UU. y en el extranjero.

Aunque estas observaciones empíricas no se deberían desechar, hay argumentos que contradicen su apoyo. Los pros y los contras de la utilización de información de las pruebas de aptitud se han explorado en otras partes (Saks y Koehler, 2005, pág. 892-895; Langenburg et al., 2006; Cole, 2006b, pág. 39-105; Gutowski, 2006). Se ha argumentado que sin una verdad terreno establecida para la comparación, cualquier otra cosa no constituye una evaluación justa de confiabilidad (Cole, 2006a, pág. 109-135). Incluso con la verdad terreno establecida en ejercicios de

entrenamiento, sin un modelo estandarizado y validado para la comparación, el significado de estos resultados es cuestionable. Por ejemplo, supongamos que 10 expertos individualizan correctamente 10 huellas latentes con las 10 fuentes correctas, para un gran total de 100 resultados correctos y 0 errores. Presumiblemente, estas individualizaciones excluirían todas las otras fuentes en el planeta. El argumento contrario es que, aunque estas 100 conclusiones eran correctas con respecto a la verdad terreno, la pregunta relevante se vuelve, ¿Hubo suficientes características discriminativas en coincidencia, sin diferencias observadas para de hecho excluir a la población mundial como fuente de las huellas latentes? En otras palabras, de concordancia con los examinadores, no es necesariamente una prueba de facto para apoyar la fuerza de la evidencia y la conclusión entregada de este modo.

14.3.3.4 Estudios de sesgo durante las comparaciones.

14.3.3.4 Estudios sobre el sesgo al llevar a cabo las comparaciones. Una preocupación creciente en la literatura (Saks y otros, 2003, pág. 77-90, Steele, 2004, pág. 213-240; Haber y Haber, 2004, pág. 339-360), y a la luz del caso Mayfield (Stacey, 2004, pág. 706-718), se trata de la cuestión de si los prejuicios afectan a los juicios y conclusiones de los expertos forenses, y específicamente los juicios de las disciplinas forenses comparativas más subjetivos (por ejemplo, exámenes de escritura, huellas dactilares, armas de fuego). Aunque hay muchos tipos de sesgo (por ejemplo, la cultura, la confirmación), algunos investigadores están estudiando actualmente el sesgo contextual de información con respecto al examen de huellas dactilares.

El primer estudio elaborado por Dror, Péron, Hind, y Charlton (2005, pág. 799-809) encontró pruebas sólidas de que la información contextual influyó en los procesos de toma de decisiones de los no expertos que participaron en el estudio. Veintisiete no expertos (estudiantes universitarios voluntarios) recibieron pares de imágenes (una impresión latente y un ejemplar conocido) y se les preguntó si coincidían. Además de las imágenes, los participantes fueron expuestos a niveles de estímulos e información contextual variable. Dror y sus colegas (2005) encontraron que la información contextual sesgaba los juicios cuando las coincidencias eran más ambiguas (es decir, tenían una menor cantidad y calidad de los detalles de la cresta o eran parecidos).

Encontraron que cuando las imágenes eran dispares en apariencia y claras en detalle, la información contextual no influía en los participantes. El grupo postuló que los

**Tabla 14–3****Resultados de los experimentos de Dror y Colegas.**

	1	2	3	4	5	6	7	8
Decisión pasada	individualización	individualización	individualización	individualización	exclusión	exclusión	exclusión	exclusión
Nivel de dificultad	Difícil	Difícil	No difícil	No difícil	difficult	Difícil	No difícil	No difícil
Información contextual	ninguna	Sugiere exclusión	ninguna	Sugiere exclusión	ninguna	Sugiere individualización	ninguna	Sugiere individualización
Perito A	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
Perito B	Cambio a exclusión	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
Perito C	congruente	Cambio a exclusión	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
Perito D	congruente	Cambio a exclusión	congruente	Cambio a exclusión	Cambio a individualización	congruente	congruente	congruente
Perito E	congruente	Cambio no se puede decidir	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
Perito F	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente

Nota

Seis expertos se presentaron con ocho comparaciones en las que habían prestado previamente opiniones. Durante la re-presentación, las comparaciones se presentan con el contexto sesgo uno podría encontrar en el trabajo de casos diarios (el conocimiento de la confesión sospechoso, historia criminal sospechoso, etc.).

(Tomado de Dror et al., 2006, pág. 610.)

expertos en huellas dactilares pueden ser más resistentes a estas influencias, debido a la formación y la experiencia o bien, lo expertos en realidad puede ser más susceptibles a estas influencias a causa de un exceso de confianza y la racionalización de las diferencias.

Un segundo estudio realizado por Dror, Charton, y Perón (2006, pág. 74-78) comprendía el examen del sesgo de información contextual en cinco expertos. Para el estudio, los investigadores seleccionaron a cinco expertos que estaban conscientes de la individualización errónea del FBI en el caso de bombardeo del tren en Madrid, pero no habían visto las imágenes reales del caso. Los expertos dijeron que esas imágenes eran del caso del Bombardeo del tren en Madrid y habían sido individualizadas incorrectamente por el FBI con Brandon Mayfield (Stacey, 2004, pág. 706-718). Se preguntó a los expertos si pensaban que era una coincidencia válida o errónea. Sin embargo, a los expertos no se les proporcionó imágenes desde el caso Mayfield; por el

contrario, se les entregó a cada uno un par de impresiones que el experto había individualizado personalmente en el caso que trabajo 5 años antes del estudio. Así, cada experto reexaminó su propia evidencia. Cuando se proporcionan estas imágenes bajo la falsa información contextual, tres de los cinco expertos invierte sus opiniones originales y declaró que el par no era un coincidente (exclusión), un experto cambió su dictamen original de un resultado positivo para “inconcluso”, y al final un experto no cambió su opinión, pero mantuvo un resultado positivo a pesar de la fuerte información contextual. Una serie de preocupaciones con respecto a las limitaciones del estudio se han planteado y debatido en línea (www.clpex.com), pero el estudio sugiere que los expertos no son inmunes al sesgo de información contextual.

En el estudio más reciente, Dror y sus colegas (2006, pág. 74-78) utilizaron un diseño de estudio similar al del experimento de sesgo contexto de polarización del Bombardeo

del tren de Madrid. Se presentó a seis expertos con trabajo anterior propio, pero en circunstancias de sesgo contextual menos extremas que en el estudio anterior de Dror y sus colegas (2005). Ocho comparaciones respecto a las que el perito ya había proporcionado conclusiones varios años antes del estudio. Por lo tanto, hubo 48 ensayos para los 6 expertos. Veinticuatro juicios carecieron de sesgo de contexto y eran juicios controlados, 12 juicios representaban comparaciones “fáciles” bajo sesgo de rutina, y 12 juicios representaban comparaciones “difíciles” bajo sesgo de rutina (véase la Tabla 14-3).

El sesgo de rutina estuvo representado por el sesgo de contexto que puede ser experimentado por un experto en la rutina diaria trabajo de casos de trabajo (la afirmación de un oficial de policía sobre la culpabilidad del sospechoso, el conocimiento de una confesión, etc.). En los 48 juicios, 6 resultaron en respuestas que no eran compatibles con el resultado original proporcionado por el experto. Además, es interesante notar que de los seis resultados inconsistentes, dos estaban en pruebas de control (es decir, no se proporcionó sesgo de contexto). Dror y sus colegas sugirieron dos posibles explicaciones para estas inconsistencias en los ensayos de control. La primera posibilidad es que el experimento no puede haber estado libre de prejuicios, incluso en las condiciones de control o, como mínimo, las condiciones durante la re-evaluación no eran idénticas a las condiciones en que se tomó la decisión original. La segunda posibilidad es que la reproducibilidad sea menor que ideal y menos de lo que se esperaba en los resultados de expertos, incluso “dentro de la muestra”. En otras palabras, la decisión de un experto, cuando se le presenta la misma evidencia en múltiples ensayos, con el tiempo puede no ser reproducible, y el experto esté produciendo resultados inconsistentes y contradictorios. Dror y sus colegas sugirieron un estudio más a fondo de este fenómeno. Con respecto a los cuatro ensayos restantes de los seis de respuestas inconsistentes, Dror y sus colegas atribuyen estas inconsistencias al sesgo de contexto en los ensayos, y señaló que tres de cada cuatro inconsistencias reflejan el sesgo. Sin embargo, al igual que con el anterior experimento del contexto de polarización de Madrid, poca o ninguna información se proporcionó sobre los expertos o la presentación de las imágenes a los expertos, las imágenes tampoco están disponibles para su revisión.

En contraste con el efecto Dror y sus colegas, observado con respecto a la evaluación de una huella latente y un

ejemplar (es decir, la decisión resultante en una individualización, la exclusión, o una opinión concluyente), Schiffer y Champod (2007) informaron que no hay ningún efecto atribuido al sesgo de contexto en la fase de análisis. Schiffer y Champod proporcionaron a los estudiantes de ciencias forenses de la Universidad de Lausana, Suiza, imágenes de impresiones latentes previas a la serie de instrucción formal. Se realizaron dos experimentos.

El primer experimento entregó a 39 estudiantes 12 imágenes de huellas latentes. Se pidió a los estudiantes que anotaran los puntos característicos en las imágenes utilizando una norma estándar. Al término de un curso intensivo de instrucción de huellas digitales, 29 de estos estudiantes se les recibieron las mismas imágenes para analizar de nuevo. Schiffer y Champod encontraron un aumento estadísticamente significativo en el número de minucias reportado y una disminución de la variación entre las respuestas de los estudiantes. Además, el número de casos reportados en los que se declara la impresión “explotable” (es decir, “de valor”) y “identificable” aumentó significativamente después del período de entrenamiento. En el segundo estudio, 11 imágenes de las huellas latentes fueron proporcionadas a 2 grupos de estudiantes (48 estudiantes en total) después del curso de instrucción de huellas digitales. Las imágenes fueron presentadas a los estudiantes en distintas circunstancias de sesgo de contexto: sin sesgo, presencia de ejemplar coincidente, caso de delitos contra la propiedad de bajo perfil, caso terrorista de alto perfil, y así sucesivamente. Se pedirá a los estudiantes que anoten las imágenes y reporten el valor de cada impresión. Schiffer y Champod no informaron diferencias para cualquiera de los factores examinados entre los dos grupos. Argumentaron que no todas las etapas del proceso de ACE-V son igualmente vulnerables al sesgo, y sus resultados apoyan la robustez de la fase de análisis.

14.4 Directrices Futuras para la Investigación Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción

14.4.1 Investigación patrocinada por el gobierno de los E.E.U.U. disponible para solicitantes de beca aceptada

Aunque algunas organizaciones profesionales (por ejemplo, la Fundación Robert L. Johnson, creado por el IAI) ofrecen



pequeños estipendios para la investigación, estos fondos no son generalmente suficientes para llevar a cabo un estudio a gran escala (por ejemplo, un estudio de validación) o un estudio complicado (por ejemplo, el desarrollo de un modelo cuantitativo para medir la distorsión), lo que sin duda involucraría a múltiples expertos y estadísticos, una gran base de datos, así como software y hardware apropiados para las pruebas. Las dependencias gubernamentales o instituciones académicas deben financiar adecuadamente esta investigación. Una dependencia que ha apoyado propuestas abiertas para la investigación crestas de fricción a gran escala es el Instituto Nacional de Justicia (NIJ). El NIJ emitió solicitudes para la investigación y el desarrollo de la evidencia de impresiones en 2009, y para investigación y desarrollo de patrones evidencia de impresión en 2010. Ambas solicitudes dieron lugar a una variedad de propuestas de proyectos para el análisis de crestas de fricción, así como a múltiples permisos de becas se hicieron para ambos años (esta información está disponible en www.ojp.usdoj.gov/nij/awards/welcome.htm).

14.4.2 Temas de investigación recomendados

El Grupo de Trabajo Científico de canto Análisis de fricción, el estudio, y Tecnología (SWGFAST) ha publicado en su página web (www.swgfast.org) una lista de las áreas recomendadas para el estudio y la investigación.

Otra fuente para la investigación recomendada fue proporcionada por Budowle, Buscaglia, y Perlman (2006). Algunos de sus notables recomendaciones “de alta prioridad” incluyen:

- Desarrollar lineamientos para describir la calidad de las características de cresta de una imagen.
- Elaborar directrices para la suficiencia en la declaración de un resultado positivo.
- Determinar el número mínimo de características (si las hay) que se necesitan de manera pragmática para que un examinador para declare un resultado positivo en el trabajo de casos.
- Las rigurosas pruebas (validación) de la metodología ACE-V aplicada por expertos.
- Comprobación de la persistencia de las características de tercer nivel.

Muchas de sus sugerencias se debe considerar seriamente por parte de investigadores serios, porque los resultados

de los trabajos podrían ser muy beneficiosos y enriquecedores para la disciplina de identificación crestas de fricción.

Otra área importante que debe abordarse es una comprensión objetiva de la distorsión y el desarrollo de una métrica aceptable para la tolerancia. Quedó claro en las declaraciones hechas por los organismos de investigación en el caso de Brandon Mayfield (Oficina del Inspector General, 2006, pág. 6-10) que los examinadores habían descontado diferencias entre la huella latente y el ejemplar de Mayfield. Sin embargo, a posteriori, se determinó que las diferencias se encontraban fuera de la tolerancia aceptable y una exclusión debería haber sido la conclusión correcta. La determinación de los rangos aceptables de tolerancia, o la determinación de un sistema de ponderación adecuado para una función basada en la salida de la función de la “normalidad”, debido a la distorsión, serían las actualizaciones críticas para cualquiera metodología de comparación.

Por último, como se ha discutido y ha destacado previamente por Stoney (ver páginas 14-15), el desarrollo de un modelo de probabilidad más completa para la individualidad de huellas dactilares es necesario. El desarrollo de este modelo debe ser seguido por la prueba empírica del modelo con las muestras del mundo real y las grandes bases de datos.

14.5 Conclusiones

En un entorno post-*Daubert*, hay una necesidad de investigación adicional en el campo de la ciencia de crestas de fricción. Ciertamente, cualquier ciencia desearía ampliar la profundidad y amplitud de conocimientos de la disciplina. Nosotros en la comunidad de expertos de huellas digitales debemos intentar desafiar y estudiar más a fondo las leyes y teorías que componen nuestra disciplina. En concreto, debemos centrar nuestros esfuerzos para reevaluar los principios básicos de la individualización de crestas de fricción que utilizan tecnologías modernas y mejoradas que no estaban disponibles en los días de Galton. Hay muchas preguntas sin respuesta o parcialmente contestadas con respecto a la individualidad de la piel crestas de fricción y la comparación forense de impresiones de crestas de fricción. Aunque los avances significativos se han hecho, muchos de ellos sólo en las últimas dos décadas, esto es realmente sólo la punta del iceberg. Con el advenimiento de nuevas tecnologías más potentes, software y algoritmos informáticos, tenemos la oportunidad de explorar

nuestras enormes bases de datos de huellas digitales y bases de datos de la huella palmar de rápido crecimiento. Tenemos que evaluar y cuantificar la magnitud de la variación de características de crestas de fricción, a partir de tal vez las más básicas (patrones y minucias si uno puede realmente llamar a esta "base"), y luego tratar de evaluar y cuantificar otras características tales como pliegues, cicatrices, formas de borde, etcétera.

Debe quedar claro que hay aspectos de esta disciplina que se han establecido y estudiado bien (en particular la teoría biológica de la formación de crestas de fricción y persistencia). Sin embargo, también debe quedar claro que hay zonas de estudio que lamentablemente faltan (por ejemplo, la distorsión, la tolerancia).

La ausencia de una investigación publicada disponible en algunos aspectos de la disciplina dice mucho acerca de lo que debe ser nuestra misión.

14.6 Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo fueron Leonard G. Butt, Christophe Champod, Deborah Friedman, Robert J. Garrett, Andre A. Moenssens, Michael Perkins, Jon T. Stimac, Michele Triplett, John R. Vanderkolk, y James L. Wayman.

14.7 Referencias

Amy, L. Valeur de la preuve en dactyloscopie. *Journal de la Société de Statistique de Paris* 1946a, 88, 80–87.

Amy, L. Valeur de la preuve en dactyloscopie II. *Journal de la Société de Statistique de Paris* 1946b, 88, 188–195.

Amy, L. Recherches sur l'identification des traces papillaires. *Société de Médecine Légale* 1948, 28 (2), 96–101.

Ashbaugh, D. R. Poroscopy. *Royal Canadian Mounted Police Gazette* 1983, 45, 12–17.

Ashbaugh, D. R. *Quantitative–Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.

Babler, W. J. Prenatal Selection and Dermatoglyphic Patterns. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1978, 48 (1), 21–28.

Babler, W. J. Prenatal Communalities in Epidermal Ridge Development. In *Trends in Dermatoglyphic Research*; Durham, N., Plato, C., Eds.; Kluwer Academic Press: Dordrecht, Netherlands, 1990; pág. 54–68.

Babler, W. J. Embryologic Development of Epidermal Ridges and Their Configurations. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; Plato, C., Garruto, R., Shaumann, B., Eds.; March of Dimes: New York, 1991; pág. 95–112.

Balthazard, V. De l'identification par les empreintes digitales. *Comptes Rendus, des Academies des Sciences* 1911, 152, 1862–1864.

Budowle, B.; Buscaglia, J.; Perlman, R. Review of the Scientific Basis for Friction Ridge Comparisons as a Means of Identification: Committee Findings and Recommendations. *Forensic Sci. Communic.* 2006, 8 (1).

Carroll, J. W. Laws of Nature; 2003; plato.stanford.edu/archives/fall2003/entries/laws-of-nature/ (accessed June 30, 2009).

Chacko, L. W.; Vaidya, M. C. The Dermal Papillae and Ridge Patterns in Human Volar Skin. *ACTA Anatomica (Basel)* 1968, 70 (1), 99–108.

Champod, C.; Lennard, C.; Margot, P.; Stoilovic, M. *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*; CRC Press: Boca Raton, FL, 2004.

Champod, C.; Locard, E. Numerical Standards and "Probable" Identifications. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (2), 136–163.

Champod, C.; Margot, P. Analysis of Minutiae Occurrences on Fingerprints—The Search for Non-Combined Minutiae. In *Proceedings of the 14th Meeting of the International Association of Forensic Sciences*, Tokyo, Japan, 1996a.

Champod, C.; Margot, P. Computer Assisted Analysis of Minutiae Occurrences on Fingerprints. In *Proceedings of the International Symposium on Fingerprint Detection and Identification*. Almog, J., Springer, E., Eds.; Israel National Police: Jerusalem, 1996b; pág. 305–318.

Chatterjee, S. K. Edgeoscopy. *Finger Print Ident. Mag.* 1962, 44 (3).

Cole, S. A. More than Zero: Accounting for Error in Latent Print Identification. *J. Crim. L. and Criminol.* 2005, 95 (3), 985–1078.



- Cole, S. A. Is Fingerprint Identification Valid? Rhetorics of Reliability in Fingerprint Proponents' Discourse. *Law and Policy* 2006a, 28 (1), 109–135.
- Cole, S. A. The Prevalence and Potential Causes of Wrongful Conviction by Fingerprint Evidence. *Golden Gate Univ. L. Rev.* 2006b, 37 (1), 39–105.
- Collaborative Testing Services. *Latent Print Examination Report # 9508*; Collaborative Testing Services, Inc.: Herndon, VA, 1995.
- Cummins, H. Dermatoglyphics: Significant Patternings of the Body Surface. *Yale J. Bio. Med.* 2000, 73 (1–6), 79–90.
- Cummins, H.; Midlo, C. *Finger Prints, Palms and Soles: An Introduction to Dermatoglyphics*; Dover: New York, 1943.
- Cummins, H.; Waits, W. J.; McQuitty, J. T. The Breadth of Epidermal Ridges on the Fingertips and Palms: A Study of Variation. *Am. J. Anat.* 1941, 68, 127–150.
- Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.* 509 U.S. 579, 1993.
- Donnelly, P.; Friedman, R. DNA Database Searches and the Legal Consumption of Scientific Evidence. *Mich. L. Rev.* 1999, 97 (4), 931–984.
- Dror, I. E.; Charlton, D.; Péron, A. E. Contextual Information Renders Experts Vulnerable to Making Erroneous Identifications. *Forensic Sci. Int.* 2006, 156 (1), 74–78.
- Dror, I. E.; Péron, A. E.; Hind, S.; Charlton, D. When Emotions Get the Better of Us: The Effect of Contextual Top-Down Processing on Matching Fingerprints. *Appl. Cognitive Psych.* 2005, 19 (6), 799–809.
- Eaton, J. Fingerprints are Still Unique: A Pilot AFIS Study. Presented at the International Association for Identification Conference, Dallas, TX, August 11, 2005.
- Eaton, J. King County Sheriff's Office. Seattle, WA: Personal communication, 2006.
- Evetts, I.; Williams, R. L. A Review of the Sixteen Points Fingerprint Standard in England and Wales. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (1), 49–73.
- Faulds, H. On the Skin—Furrows of the Hand. *Nature* 1880, 22, 605.
- Faulds, H. Finger Prints: A Chapter in the History of Their Use for Personal Identification. *Sci. Am. Suppl.* 1911, 1872, 326–327.
- Faulds, H. *Dactylography or the Study of Finger-Prints*; Milner and Company: Halifax, 1912.
- Frishberg, D.; Yohe, T. I'm Just a Bill (Song lyrics); Schoolhouse Rock, American Broadcasting Company: 1975.
- Galton, F. *Finger Prints*; Dover: Mineola, NY, 2005.
- Grieve, D. L. Symposium Report Israel National Police: International Symposium on Fingerprint Detection and Identification. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (5), 578–584.
- Grieve, D. L. Possession of Truth. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (5), 521–528.
- Gupta, S. R. Statistical Survey of Ridge Characteristics. *Int. Crim. Police Rev.* 1968, 218 (130), 130–134.
- Gutowski, S. Error Rates in Fingerprint Examination: The View in 2006. *Forensic Bulletin* 2006, Autumn, 18–19.
- Haber, R.; Haber, L. Error Rates for Human Latent Fingerprint Examiners. In *Automatic Fingerprint Recognition Systems*; Ratha, N., Bolle, R., Eds.; Springer Verlag: New York, 2004; pág. 339–360.
- Hale, A. Morphogenesis of Volar Skin in the Human Fetus. *Am. J. Anat.* 1952, 91 (1), 147–173.
- Hempel, C.; Oppenheim, P. Studies in the Logic of Explanation. *Philos. Sci.* 1948, 15 (2), 135–175.
- Henry, E. R. *Classification and Uses of Fingerprints*; 1st ed.; Routledge & Sons: London, 1900.
- Huber, R. A. Expert Witness. *Crim. L. Quarterly* 1959, 2, 276–295.
- Huber, R. A.; Headrick, A. M. *Handwriting Identification: Facts and Fundamentals*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.
- Hughes, G. Losing Sight of the Shore. *J. Forensic Ident.* 1998, 48 (5), 611–615.
- IAI-Resolution VII. *Identification News* 1979, 29 (8), 1.
- IEEGFI-II. *Method for Fingerprint Identification*; Interpol European Expert Group on Fingerprint Identification II: Lyon, France, 2004.

- Kimura, S.; Kitagawa, T. Embryological Development of Human Palmar, Plantar, and Digital Flexion Creases. *Anatom. Record* 1986, 216 (2), 191–197.
- Kimura, S.; Kitagawa, T. Embryological Development and Prevalence of Thumb Flexion Creases. *Anatom. Record* 1988, 222 (1), 83–89.
- Kingston, C. R. Probabilistic Analysis of Partial Fingerprint Patterns, Ph.D. Thesis, University of California, 1964.
- Langenburg, G.; Wertheim, K.; Moenssens, A. A. A Report of Latent Print Examiner Accuracy During Comparison Training Exercises. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (1), 55–92.
- Lin, C. H.; Liu, J. H.; Osterburg, J. W.; Nicol, J. D. Fingerprint Comparison I: Similarity in Fingerprints. *J. Forensic Sci.* 1982, 27 (2), 290–304.
- Locard, E. Les Pores et l'identification des Criminels. *Biologica* 1912, 2 (24), 357–365.
- Locard, E. La poroscopie. *Archives d'anthropologie criminelle, de médecine légale et de psychologie normale et pathologique* 1913, 28, 528–546.
- Locard, E. La preuve judiciaire par les empreintes digitales. *Archives d'anthropologie criminelle, de médecine légale et de psychologie normale et pathologique* 1914, 29 (145), 321–348.
- Luff, K. Letter to Fingerprint Society. *Fingerprint Whorld* 1993, 19 (71), 3.
- McCann, P. Interim Report of the Standardization Committee of the International Association for Identification. *Ident. News* 1971, 21 (10), 10–13.
- McCann, P. Report of the Standardization Committee of the International Association for Identification. *Identification News* 1973, 23 (8), 13–14.
- McComas, W. Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know. ... *School Sci. Math.* 1996, 96, 10.
- McRoberts, A. Nature Never Repeats Itself. *The Print* 1996, 12 (5), 1–3.
- Misumi, Y.; Akiyoshi, T. Scanning Electron Microscopic Structure of the Finger Print as Related to the Dermal Surface. *Anatom. Record* 1984, 208 (1), 49–55.
- Moenssens, A. Columbia City, IN. Personal communication, 2006.
- Montagna, W.; Parakkal, P. *The Structure and Function of Skin*, 3rd ed.; Academic Press: New York, 1974.
- Montagna, W.; Kligman, A.; Carlisle, K. *Atlas of Normal Human Skin*; Springer-Verlag: New York, 1992.
- Office of the Inspector General. *A Review of the FBI's Hand-ling of the Brandon Mayfield Case—Unclassified Executive Summary*. U.S. Department of Justice: Washington, D.C., March 2006.
- Okajima, M. Frequency of Epidermal-Ridge Minutiae in the Calcar Area of Japanese Twins. *Am. J. Hum. Genet.* 1967, 19 (5), 660–673.
- Osterburg, J. W. An Inquiry into the Nature of Proof: The Identity of Fingerprints. *J. Forensic Sci.* 1964, 9 (4), 413–427.
- Osterburg, J. W.; Parthasarathy, T.; Raghaven, T. E. S.; Sclove, S. L. Development of a Mathematical Formula for the Calculation of Fingerprint Probabilities Based on Individual Characteristics. *J. Am. Stat. Associ.* 1977, 72 (360), 772–778.
- Pankanti, S.; Prabhakar, S.; Jain, A. On the Individuality of Fingerprints. In *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences (IEEE)*, Maui, HI, December 2001; pág. 805–812.
- Parsons, N. R.; Smith, J. Q.; Thönnnes, E.; Wang, L.; Wilson, R. G. Rotationally Invariant Statistics for Examining the Evidence from the Pores in Fingerprints. *Law, Probabil. and Risk* 2008, 7 (1), 1–14.
- Pearson, K. Person Identification. In *The Life, Letters, and Labours of Francis Galton*, vol. IIIA; Cambridge University Press: Cambridge, England, 1930; pág. 182.
- Popich, G.; Smith, D. The Genesis and Significance of Digital and Palmar Hand Creases: Preliminary Report. *J. Pediatr.* 1970, 77 (6), 1017–1023.
- Popper, K. *The Logic of Scientific Discovery*; Hutchinson Education: London, 1959.
- Popper, K. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*; Routledge & Kegan Paul: London, 1972.
- Roddy, A. R.; Stosz, J. D. Fingerprint Features—Statistical Analysis and System Performance Estimates. *Proceedings of the IEEE*, 1997, 85 (9), 1389–1421.



- Roddy, A. R.; Stosz, J. D. Fingerprint Feature Processing Techniques and Poroscopy. In *Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition*. Jain, L. C., Halici, U., Hayashi, I., Lee, S. B., Tsutsui, S., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999, pág. 37–105.
- Roxburgh, T. On the Evidential Value of Finger Prints. *Sankhya: Indian J. Stat.* 1933, 1 (50), 189–214.
- Saks, M. Legal Consideration of Fingerprints. Presented at the 1st International Web Conference on Human Identification E-Symposium, April 14, 2005.
- Saks, M.; Koehler, J. The Coming Paradigm Shift in Forensic Identification Science. *Science* 2005, 309 (5736), 892–895.
- Saks, M.; Risinger, D. M.; Rosenthal, R.; Thompson, W. C. Context Effects in Forensic Science: A Review and Application of the Science of Science to Crime Laboratory Practice in the United States. *Sci. and Justice* 2003, 43 (2), 77–90.
- Schiffer, B.; Champod, C. The Potential (Negative) Influence of Observational Biases at the Analysis Stage of Fingerprint Individualisation. *Forensic Sci. Int.*, 2007, 167 (2–3), 116–120.
- Sclove, S. L. The Occurrence of Fingerprint Characteristics as a Two-Dimensional Process. *J. Am. Statist. Assoc.* 1979, 74 (367), 588–595.
- Sclove, S. L. The Occurrence of Fingerprint Characteristics as a Two-Dimensional Poisson Process. *Communic. in Statist. Theoret. Meth.* 1980, A9 (7), 675–695.
- Srihari, S. N.; Srinivasan, H.; Fang, G. Discriminability of Fingerprints of Twins. *J. Forensic Ident.* 2008, 58 (1), 109–127.
- Stacey, R. Report on the Erroneous Fingerprint Individualization in the Madrid Train Bombing Case. *Journal of Forensic Identification* 2004, 54 (6), 706–718.
- Steele, L. The Defense Challenge to Fingerprints. *Crim. L. Bull.* 2004, 40 (3), 213–240.
- Stoney, D. A. Measurement of Fingerprint Individuality. In *Advances in Fingerprint Technology*; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: New York, 2001; pág. 327–387.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Critical Analysis of Quantitative Fingerprint Individuality Models. *J. Forensic Sci.* 1986a, 31 (4), 1187–1216.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Method for the Description of Minutia Pairs in Epidermal Ridge Patterns. *J. Forensic Sci.* 1986b, 31 (4), 1217–1234.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Systematic Study of Epidermal Ridge Minutiae. *J. Forensic Sci.* 1987, 32 (5), 1182–1203.
- Stosz, J. D.; Alyea, L. A. Automated System for Fingerprint Authentication Using Pores and Ridge Structure. In *Proceedings of SPIE, Automatic Systems for the Identification and Inspection of Humans*; Mammone, R. J., Murley, J. D., Eds.; 1994, Vol. 2277; pág. 210–223.
- Stücker, M.; Geil, M.; Kyeck, S.; Hoffman, K.; Rochling, A.; Memmel, U.; Altmeyer, P. Interpapillary Lines—The Variable Part of the Human Fingerprint. *J. Forensic Sci.* 2001, 46 (4), 857–861.
- SWGFAST. Friction Ridge Examination Methodology for Latent Print Examiners, version 1.01; 2002; www.swgfast.org.
- Thornton, J. I. The Snowflake Paradigm. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (2), 399–401.
- Thornton, S.; Popper, K. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*; 2005; plato.stanford.edu/archives/sum2005/entries/popper (accessed June 30, 2009).
- Tietze, S. Witthuhn, K. *Papillarleistenstruktur der menschlichen Handinnenfläche*. Luchterhand: Berlin, Germany, 2001.
- Trauring, M. Automatic Comparison of Finger-Ridge Patterns. *Nature* 1963, 197, 938–940.
- U.S. vs. Mitchell*. CA-No. 96-407, *Daubert* hearing transcript, July 7–9, 12–13, 1999.
- Van Fraassen, B. *Law and Symmetry*; Clarendon Press: Oxford, 1989.
- Wayman, J. L. *When Bad Science Leads to Good Law: The Disturbing Irony of the Daubert Hearing in the Case of U.S. vs. Byron C. Mitchell*; Biometrics Publications: San Jose State University, San Jose, CA, 2000.
- Wertheim, K.; Maceo, A. The Critical Stage of Friction Ridge Pattern Formation. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (1), 35–85.
- Wertheim, P. A. Scientific Comparison and Identification of Fingerprint Evidence. *The Print* 2000, 16 (5).

Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; The Gorham Press: Boston, 1918.

Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; 2nd ed.; T. G. Cooke: Chicago, 1932.

Zynda, L. Lyle Zynda's Lectures on the Philosophy of Science; 1994; www.soc.iastate.edu/sapp/phil_sci_lecture00.html (accessed June 30, 2009).

14.8 Información Adicional

Champod, C. *Reconnaissance automatique et analyse statistique des minuties sur les empreintes digitales*. Ph.D., Thesis, Université de Lausanne, Institut de Police Scientifique et de Criminologie, 1996.

Epstein, R. Fingerprints Meet Daubert: The Myth of Fingerprint "Science" Revealed. *S. Cali. L. Rev.* 2002, 75, 605–658.

Holt, S. B. *The Genetics of Dermal Ridges*; Charles C Thomas: Springfield, IL, 1968.

Loesch, D. *Quantitative Dermatoglyphics: Classification, Genetics, and Pathology*; Oxford University Press: New York, 1983.

National Institute of Justice. *Forensic Friction Ridge (Fingerprint) Examination Validation Studies*; National Institute of Justice, U.S. Department of Justice; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2000.

Okajima, M. Frequency of Forks in Epidermal-Ridge Minutiae in the Finger Print. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1970, 32 (1), 41–48.

Okajima, M. Epidermal-Ridge Minutiae in the Hallucal Area. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* 1977, 34, 285–290.

Okajima, M. Quantitative and Genetic Features of Epidermal Ridge Minutiae on the Palm of Twins. *Hum. Heredity* 1984, 34 (5), 285–290.

Ökrös, S. *The Heredity of Papillary Patterns*; Publishing House of Hungarian Academy of Sciences: Budapest, 1965.

Roberts, D. F. Dermatoglyphics and Human Genetics. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Wertelecki, W., Plato, C., Paul, N. W., Eds.; Alan R. Liss Inc.: New York, 1979; pág. 475–494.

Samuels, J. Letter regarding "Forensic Friction Ridge (Fingerprint) Examination Validation Studies". National Institute of Justice. U.S. Department of Justice: Washington, DC, June 20, 2000.

CAPÍTULO



HABILIDADES ESPECIALES Y DEBILIDADES EN LA HABILIDAD FORENSE

THOMAS A. BUSEY Y
ITIEL E. DROR

CONTENIDOS

3

15.1 La Relevancia de la Mente Humana

22

15.4 Resumen y Conclusiones

4

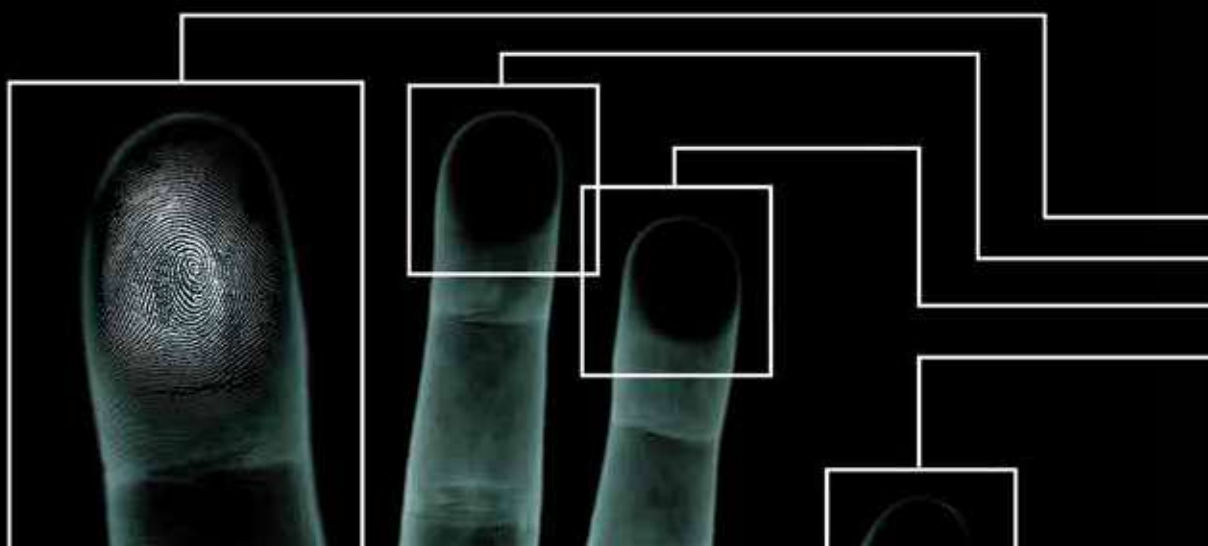
15.2 Psicología Cognitiva

22

15.5 Referencias

17

**15.3 Elementos Cognitivos y
Psicológicos en la Identificación
de Huellas Dactilares**



**CAPÍTULO 15**

HABILIDADES ESPECIALES Y DEBILIDADES EN LA HABILIDAD FORENSE

**THOMAS A. BUSEY Y
ITIEL E. DROR***

15.1 La Relevancia de la Mente Humana

Los exámenes de huellas latentes son tareas perceptivas y cognitivas complejas. Los examinadores dependen de sus sistemas visuales para encontrar similitudes en los pares de impresiones. A continuación, se debe comparar el grado de similitud percibido contra la que se encuentra en los exámenes anteriores, y en última instancia, se debe decidir si las similitudes encontradas entre impresiones (así como las regiones de desacuerdo inexplicable) merecen la conclusión de que las impresiones de ambos provienen o no de la misma fuente (o no son concluyentes). Este proceso consiste en percepción, juicios de similitud, memoria y toma de decisiones. Estas habilidades varían de persona a persona y se pueden mejorar con el entrenamiento y la experiencia. También están sujetas a sesgos potenciales y las influencias externas. En este capítulo se ilustrará, con base en el conocimiento de las ciencias visuales y cognitivas, cómo una comprensión de la mente humana es relevante y fundamental para el dominio de huellas dactilares. Tal entendimiento muestra claramente los procesos cognitivos únicos y habilidades especiales de expertos, junto con sus vulnerabilidades. Este capítulo comienza con un breve resumen de las conclusiones fundamentales de la ciencia cognitiva y luego se analiza cómo se han extendido estas áreas de investigación a los examinadores de huellas latentes. Siempre que sea posible, se dibujan los enlaces entre los hallazgos de la ciencia básica y los dominios relevantes de la formación, selección y procedimientos de exámenes de huellas latentes.

En los dominios de expertos, así como en la vida cotidiana, los seres humanos procesan la información. La información se percibe, codifica, representa, transforma, almacena, recupera y compara con otra información, y se evalúa, por nombrar sólo algunos procesos. Sin embargo, la mente

*Este capítulo originalmente se componía de dos capítulos separados, uno por el Dr. Busey y uno por el Dr. Dror. Los dos capítulos se han consolidado en uno sólo. Los autores desean agradecer a los revisores por sus comentarios, y a la NIJ por apoyar este proyecto, así como sus esfuerzos por el mantenimiento de su integridad.

humana no es una cámara y no procesa la información de forma pasiva. Es ingenuo pensar que los seres humanos construyen y experimentan la realidad de forma pasiva y perciben el entorno como “lo que realmente es.” *La percepción está muy lejos de la perfección* (Dror, 2005a; véase también Humphreys et al., 1997; Snyder et al., 1977). Las personas participan en una variedad de procesos activos que organizan e imponen la estructura de la información como viene desde el mundo exterior. La información se interpreta entonces aún más y se procesa de manera que dependen en gran medida de la mente humana y la cognición, y menos del medio ambiente y el contenido real de la información misma. En la medida en que procesamos información de forma dinámica, afectamos lo que vemos, la manera en que interpretamos y evaluamos, así como nuestros procesos de toma de decisiones. Por lo tanto, para entender el desempeño de los expertos, especialmente en un campo altamente especializado como la identificación humana, es necesario examinar las funciones de la mente humana y la cognición (Dror, en prensa; Dror y Fraser-Mackenzie, 2008).

La cognición humana ha sido descuidada por la comunidad de huellas digitales, tanto por los expertos forenses en sí mismos, como por las personas que diseñan y desarrollan tecnologías relacionadas. Este capítulo es un paso hacia la solución de este descuido; la identificación de huellas dactilares se presentará dentro de su contexto—que es el de la cognición humana. El lector primero se introducirá en los principios subyacentes de gran parte de la cognición y de la percepción, que sirven para ilustrar el procesamiento de información humano. Estos principios se ilustran con ejemplos de fenómenos psicológicos que han sido elegidos por su relación directa con el proceso de examen de impresiones latentes. El capítulo luego se convierte en una discusión sobre el desarrollo de la experiencia y cómo las herramientas de la neurociencia cognitiva se pueden utilizar para describir las diferencias entre expertos y principiantes. Finalmente, se discuten las vulnerabilidades importantes en el desarrollo de la experiencia. A lo largo de este capítulo, los autores sostienen que corresponde a los examinadores prácticos el tratar su práctica profesional como un esfuerzo científico en el que se siguen cuestionando todos los aspectos de sus exámenes, reunir información sobre la eficacia y la precisión de sus decisiones, así como perfeccionar la formación y los procedimientos de prácticas adecuadas para evitar la contaminación cognitiva y optimizar así su toma de decisiones.

15.2 Psicología cognitiva

La mente humana es una máquina compleja. Es increíble en su rango y alcance, y es dinámica, flexible y adaptable. Aunque es compleja e intrigante, la esencia de la mente humana es sin embargo, una máquina de procesamiento de la información. Tan pronto como la información llega a través de nuestros sistemas sensoriales se procesa. El procesamiento puede incluir transformaciones, comparaciones y consolidación con la información que ya se encuentra almacenada en el sistema como evaluaciones, toma de decisiones, etcétera.

Los seres humanos tienen la suerte de tener un fuerte mecanismo de computación como nuestro cerebro a nuestra disposición, ya que la comparación de dos huellas dactilares diferentes requiere una serie de capacidades cognitivas y perceptivas que las computadoras que dependen de hardware todavía no igualan. Todos los factores tales como la atención, la motivación, el procesamiento perceptual y la toma de decisiones, deben ser atendidos. En la siguiente sección, se cubren brevemente algunas de las conclusiones básicas de la psicología cognitiva con el fin de sentar las bases para la aplicación de estos resultados a los exámenes de huellas latentes. Cabe señalar que aún existe un abismo bastante grande entre estos hallazgos básicos y preguntas específicas relacionadas con las ciencias forenses. Como resultado, estos temas pueden parecer algo abstractos, pero en la medida de lo posible, se harán enlaces a prescripciones específicas de capacitación y propuestas de cambios en los procedimientos en que la ciencia puede hacer un caso fuerte para ellos.

15.2.1 Procesamiento de la Información del Estudio Humano

La ciencia sin datos no es ciencia. Aunque las teorías y argumentos tienen un papel, los científicos se basan principalmente en una evaluación desapasionada y libre de los datos recolectados en los experimentos que están diseñados para encontrar la verdad. Estos datos subyacen a la teoría y no al revés. Los datos pueden provenir directamente de los experimentos de comportamiento, en el que los sujetos realizan tareas similares a los exámenes de huellas latentes, o los datos pueden ser reunidos indirectamente por el uso de seguimiento ocular, registros electrofisiológicos, modelado por computadora, o de imágenes cerebrales.



Estos datos requieren modelos de interpretación, que puede tomar la forma de descripciones verbales, fórmulas matemáticas, o programas de ordenador, y el campo de la psicología cognitiva ha sido desarrollado para aplicar modelos a dichos datos psicológicos. Un ejemplo tal vez familiar para muchos lectores es el de AFIS, que puede servir como un modelo del proceso de comparación de huellas dactilares. Este modelo no captura el rendimiento total de los expertos humanos. La selección de un modelo de entre un conjunto de modelos candidatos o explicaciones se logra basándose en el nivel de coherencia con los datos recogidos en los experimentos. No importa si los datos provienen de experimentos neurocientíficos conductuales o cognitivos porque el objetivo final es utilizar métodos convergentes para colocar restricciones en lo que podría ser el modelo más viable.

En los últimos años, la psicología cognitiva se ha convertido en la neurociencia cognitiva. En la neurociencia cognitiva, el estudio del procesamiento humano de la información ha avanzado aún más al relacionarlo con el cerebro humano (Kosslyn y Koenig, 1992). Los exámenes y estudios del cerebro humano se utilizan para limitar y guiar las teorías de procesamiento de información. Aunque la mente es tan distinta del cerebro como el software es de hardware, el cerebro proporciona muchas pistas importantes sobre la naturaleza y características de la mente. En la neurociencia cognitiva, los mecanismos de hardware subyacentes son considerados como relevantes para la comprensión de los procesos mentales de alto nivel, pero hasta ahí llega el interés. Así, en la neurociencia cognitiva, la neurociencia es una herramienta para el estudio cognitivo más que un objetivo en sí mismo. El desarrollo de la neurociencia cognitiva se produjo a partir de nuevas formas de conceptualizar el cerebro como un sistema de procesamiento de información. Esto se logró, en parte, a través de tecnologías avanzadas que permitieron nuevas formas de ver y estudiar el cerebro y sus operaciones (TC y la RM, y en particular, las imágenes funcionales de PET y fMRI). Estas tecnologías ya se han aplicado al estudio del desempeño del experto en huellas dactilares (Busey y Vanderkolk, 2005), como se explica a continuación.

15.2.2 Principios y temas clave en la comprensión de la condición humana

Existen tres cuestiones que son especialmente importantes para la comprensión de la cognición humana: (1) el cerebro es un recurso limitado con una capacidad de

procesamiento limitada. (2) Procesa la información de una *manera* activa y dinámica, y (3) su rendimiento depende y está limitado por las representaciones mentales y la manera en que se almacena la información (tanto como por la información que se almacena en realidad). Estas cuestiones se explican e ilustran a continuación.

El cerebro es una máquina finita y por lo tanto su capacidad para procesar la información es limitada. El procesamiento de información ha evolucionado para trabajar dentro (y rebasar) los confines de este recurso. Por ejemplo, dado que los seres humanos tienen recursos limitados, no nos es posible procesar toda la información entrante y así centrar nuestra atención en un subconjunto de la entrada que percibimos sin tener en cuenta el resto (Sperling, 1960). Nuestros recursos limitados, de hecho, han dado lugar a gran parte de la inteligencia humana. Por ejemplo, teniendo en cuenta que sólo podemos atender un subconjunto de la información, es necesario dar prioridad a la información que es la más importante para ser procesada. Por lo tanto, hemos desarrollado mecanismos sofisticados (inteligencia) para superar las limitaciones de nuestra capacidad para procesar información y utilizar mejor los recursos disponibles.

Otras maneras en que tratamos con nuestros limitados recursos incluyen la compresión de información. Además de la atención selectiva, hemos desarrollado formas de reducir la carga cognitiva mediante la compresión de la información en pedazos de información más computacionalmente eficientes (Dror, Schmitz-Williams y Smith, 2005).

La manera en que la información se organiza y representa tiene efectos profundos en la forma en que la procesamos, lo que podemos hacer con ella y la información que queda disponible. Por ejemplo, la forma en que representamos los números no es una cuestión técnica y trivial; si usamos “3” o “III” tiene implicaciones en las operaciones matemáticas de largo alcance que podemos (o no) realizar. De hecho, Marr (1982, pag. 21) afirma, “Esta es una razón clave por la cual, la cultura romana no desarrolló las matemáticas en la forma en que las culturas árabes anteriores lo hicieron.”

La representación de la información también está determinada por la manera en la que la gente internamente la codifica. Por ejemplo, la gente encontrará fácil nombrar los meses del año por su orden cronológico, pero imposible nombrarlos por orden alfabético (¡pruébalos!). En muchos casos, la misma información se puede representar en una variedad de formas y la forma específica que se representa

más adelante determinará de qué modo esa información puede ser utilizada y manipulada. La forma en que el cerebro mentalmente manipula las imágenes es altamente dependiente de cómo las imágenes se representan y codifican inicialmente (por ejemplo, sistemático vs. fragmentario) (Smith y Dror, 2001), y esto depende de una variedad de factores, incluyendo los recursos cognitivos disponibles (Dror, Schmitz-Williams, y Smith, 2005). Estos problemas son especialmente agudos para los peritos y afectan su rendimiento en una variedad de dominios, como el militar, médico, policía, financiero y forense (Dror, en prensa).

Las representaciones mentales y cognitivas son esenciales para el proceso de comparación de impresiones latentes porque los fragmentos o características de una copia de impresión individual debe mantenerse en la memoria el tiempo suficiente para comparar contra una segunda imagen. Este proceso sería imposible sin las representaciones mentales y puede que el hecho mejorar la capacidad de mantener más información en la memoria durante períodos más largos de tiempo represente un elemento de pericia (Busey y Vanderkolk, 2005).

Antes de ilustrar cómo estos principios y cuestiones fundamentales se manifiestan en fenómenos perceptivos, cognitivos y psicológicos, es importante hacer una distinción entre los procesos *bottom-up* y *top-down* (por ejemplo, Humphreys et al., 1997). Los procesos *bottom-up* están basados en datos. La información entrante desde el entorno externo guía a los mecanismos de transformación y el contenido de la información. Este tipo de procesos son pasivos y dependen de la propia entrada de datos. Los procesos *top-down* son los que dependen del procesador (los seres humanos en este caso) y menos en lo que se procesa. En estos procesos, el estado de ánimo y la información ya contenida en el sistema impulsa los procesos. Los procesos *top-down* no dependen de la entrada en sí tanto como en lo que ya está en la mente de la persona que procesa la información. Cada proceso cognitivo, tales como el aprendizaje, el pensamiento, identificar, comparar, hacer coincidir, tomar decisiones, resolver problemas y todos los demás procesos contienen al menos algunos elementos de procesamiento *top-down*.

No es una cuestión de elección o siquiera procesamiento consciente; la información que ya figura en el cerebro, el propio estado de ánimo y muchos otros factores están profundamente entrelazados en cómo se percibe, interpreta y procesa la información. La naturaleza dinámica de la cognición y la forma en que funciona la mente es una clara

característica de los sistemas inteligentes. De hecho, en la medida en que las personas se vuelven más experimentadas y se convierten en verdaderos expertos, los procesos *top-down* juegan un papel más importante en la forma en que procesan la información (Dror, en prensa).

En el plano psicológico, conforme la atención gira hacia la naturaleza y arquitectura de la mente humana, se puede observar cómo la mente tiene un papel importante en la determinación de elegir, si es el caso, y cómo los humanos entienden e interpretan la información. Una ilustración intuitiva sería cuando usted (o su pareja) está embarazada y usted comienza a notar muchas mujeres embarazadas. Esto no se debe a que haya más mujeres embarazadas, sino más bien a que sus propias circunstancias mentales afectan lo que ve, si lo ve. Esto está más allá del alcance de este documento al dar una explicación detallada de cómo funciona la mente y sus implicaciones. Sin embargo, existen muchas influencias de este tipo, por ejemplo, las profecías auto cumplidas, que ilustran cómo los elementos mentales y psicológicos (como lo que queremos y deseamos) afectan lo que vemos y lo que son capaces de hacer. Si tenemos sed, estamos más propensos a percibir imágenes con características de agua; nuestro estado de sed modula nuestra percepción (Changizi and Hall, 2001). Nuestro estado emocional y humor son otros ejemplos de los efectos de la mente sobre la forma en que interpretamos la información (Byrne y Eysenck, 1993; Halberstadt et al., 1995; Niedenthal et al., 2000).

Hay otros elementos que se refieren a la toma de decisiones. En la medida en que las personas sopesan opciones alternas, consideran la evidencia para elegir cada una. Al avanzar secuencialmente hacia diferentes opciones de decisión, uno acumula evidencia hacia un umbral de decisión (Dror, Busemeyer, y Basola, 1999).

Estos umbrales de decisión y evaluación de información en apoyo de opciones de decisión dependen de elementos psicológicos. Por otra parte, hay que distinguir cuando se busca información con el fin de tomar una decisión, y cuando la información se busca de forma selectiva para apoyar una elección alternativa ya elegida (o preferida). Cuando se recopila, examina e interpreta la información para generar y considerar diferentes opciones alternativas, la información y los datos impulsan el proceso de toma de decisiones; esto es una progresión *bottom-up*. Sin embargo, antes de que la información se recoja o procese, la gente por lo general ya tiene una preferencia. Este componente *top-down* es a



menudo inconsciente. Incluso durante el proceso de toma de decisiones en sí, aún si el tomador de decisiones viene inicialmente sin decisiones preconcebidas o nociones, en la medida en que las decisiones se consideran y se hacen, la información se recopila y procesa con el fin de examinar, confirmar y validar estas decisiones. Dichos procesos son altamente dependientes de elementos psicológicos y procesos, y no únicamente en la información pertinente. Por lo tanto, nuestra mente y los estados mentales desempeñan un papel activo en el cómo, (si es que sucede) adquirir, procesar e interpretar la información, así como en nuestra toma de decisiones (Dror, 2008).

15.2.3 Experiencia visual y exámenes de impresiones latentes

En la sección anterior se ilustra cómo tareas aparentemente simples, como el reconocimiento y la comparación pueden estar influenciadas por muchos factores diferentes. Esta sección discute los resultados de experimentos de visión que intentan explicar cómo la práctica y la experiencia pueden mejorar el rendimiento en las tareas visuales. La discusión se limita, en cierta medida, por el hecho de que relativamente pocos datos se han recogido respecto a los examinadores de huellas latentes, pero afortunadamente la comunidad de visión ha adoptado un estímulo llamado *onda sinusoidal de rallado* que, con sus patrones de barras de luz y oscuridad, en realidad es bastante similar a una pequeña porción de una huella latente. Las siguientes secciones resumen los datos de diferentes experimentos que ilustran cómo la práctica puede mejorar el rendimiento y ofrecer modelos específicos que explican estas mejoras. Se debe hacer una advertencia por adelantado: los experimentos de aprendizaje perceptual discutidos, a menudo tienen una escala de capacitación de días y semanas, a diferencia de los años que a menudo les toma a los expertos. Por lo tanto, se esperaría que hubiera diferencias más pequeñas entre el sujeto entrenado y los no entrenados en estos experimentos que cuando los examinadores de huellas latentes se ponen a prueba.

15.2.3.1 Visión general y estudios de aprendizaje perceptual. El aprendizaje perceptual es el proceso por el cual el sistema sensorial modifica selectivamente su comportamiento de acuerdo con la entrada de información ambiental importante. El desafío que enfrenta el cerebro es que, a pesar de que tiene que cambiar su conectividad y fortalecer la sinapsis neuronal para aprender nueva información, debe también protegerse de modificaciones no deseadas que

degradarían el conocimiento existente (Fusi et al., 2005; Kepecs et al., 2002). Al mismo tiempo, el sistema visual debe seleccionar cuál es la información relevante que hay que aprender. (Al usar la tecnología y la capacitación basada en la ciencia, el sistema visual puede aprender esto de manera más eficiente y eficaz. Ver Dror, Stevenage, y

Ashworth, 2008.) Los seres humanos son conscientes de que una pequeña parte del mundo visual y la mayor parte del procesamiento y aprendizaje visual se lleva a cabo sin conocimiento consciente (Turk-Browne et al., 2005). De alguna manera, los procesos y funciones que componen el sistema visual, con las aportaciones de los procesos conscientes de más alto nivel, deben extraer las regularidades a partir de un conjunto de imágenes o escenas y alterar su conectividad para resaltar estas regularidades. La clave de este proceso es la detección de la *estructura* en un conjunto de imágenes u objetos. Sin la capacidad de detectar una estructura regular que junte a los objetos, el sistema visual se vería obligado a ajustar su procesamiento de nuevo en respuesta a la última imagen recibida.

Las huellas digitales, incluyendo las impresiones latentes, contienen rasgos regulares que proporcionan la estructura para guiar el proceso de aprendizaje. Esta estructura incluye la regularidad del ancho de cresta y la existencia de ocho amplias clases de huellas dactilares, así como características más pequeñas, como las minucias y unidades de cresta individuales. El sistema visual humano está bien diseñado para explotar esta regularidad. Lo que sigue es una discusión sobre los cambios que pueden ocurrir en el sistema visual, cómo estos cambios se ven afectados por la atención y la retroalimentación, y el modo en que las condiciones ambientales, tales como la presencia de “ruido” en las huellas latentes altera el proceso de aprendizaje.

Una vez que la información visual entra en la corriente de procesamiento visual, debe interpretarse. Para las ciencias de identificación, incluyendo la comparación de impresiones latentes, el examinador debe tener en cuenta dos impresiones o imágenes y determinar si provienen de la misma fuente. Esto es esencialmente un cálculo de similitud, ya que las dos versiones nunca serán copias exactas. Una gran cantidad del trabajo en la ciencia cognitiva se ha centrado en cómo los seres humanos determinan similitud entre dos objetos, y cómo la experiencia afecta este cálculo (Dror, en prensa). Esta literatura se puede aplicar para entender la manera en que los examinadores de impresiones latentes consideran la similitud en el contexto de identificación de impresiones latentes, es decir, la

naturaleza de las características que se usan en la examinación de impresiones latentes, la manera en que se procesan y la manera en que la experiencia cambia el modo en que los peritos perciben estas características. Con el fin de determinar si dos imágenes originales como dos huellas dactilares coinciden, un examinador debe primero percibir características de una imagen de origen y compararlas con una segunda. Determinar la naturaleza de estas características visuales y la relación entre ellas—así como el modo en que se comparan estas características mediante diferentes instancias de un objeto para permitir la identificación o categorización—es un objetivo central de las ciencias de la visión. Para estímulos como caras, se sospecha que las características son propensas a ser elementos tales como los ojos, la nariz y la boca. Sin embargo, incluso con las caras, hay un gran debate en sobre el conjunto exacto de características de los rostros: éstos podrían incluir los ojos y la boca, o incluso partes de éstos, o posiblemente relación entre sí (Zhang y Cottrell, 2004). Es menos lo que se sabe sobre las huellas dactilares, a pesar de que las características probables incluyen la forma y la orientación de las crestas, las macro-características como el centro y delta, las minucias y la trayectoria de la cresta, los bordes de la cresta, así como las formas y posiciones de los poros. La siguiente sección se ocupa de la naturaleza del mejoramiento de la pericia, y considera los estudios que ayudan a delinear lo que constituye una característica desde una perspectiva humana perceptual y cognitiva.

15.2.3.2 Creación de nuevos detectores de características. Una de las razones por las que el conjunto de características es tan difícil de precisar es que el sistema visual humano es extremadamente flexible, en lo referente a que puede adaptar sus respuestas a estímulos nuevos y aprender nuevas características. Cuando se aplica a múltiples dimensiones, este proceso se llama unificación. La base neural de este tipo de aprendizaje perceptivo fue estudiada ampliamente por Leventhal y Hirsch (1977), quienes criaron gatitos en entornos visuales limitados y grabaron sus respuestas ante diferentes patrones. Los gatitos que se mantuvieron en ambientes que contenían sólo líneas verticales tenían células en el sistema visual que producían sólo respuestas débiles a las líneas horizontales. Así, el sistema visual se desarrolla la mayor parte de su sensibilidad a las características mediante la experiencia. Estos cambios en el procesamiento neuronal causados por la experiencia también pueden dar lugar a nuevas habilidades. La unificación crea unidades perceptuales que combinan

componentes de objetos que frecuentemente coocurren, de manera que los componentes que una vez que se percibían por separado se fusionan psicológicamente (Schyns y Rodet, 1997). Goldstone (2000) y Shiffrin (Shiffrin y Lightfoot, 1997) abordaron el rol de la unificación en el desarrollo de la experiencia, como veremos a continuación.

Muchos de los procesos para individualizar una impresión involucran la comparación de características individuales. Esta separación en unidades puede mejorar de la misma manera en que las características candidatas (tales como las minucias o características de las crestas) se extraen de estímulos “interferentes”. Las huellas dactilares latentes a menudo están corrompidas por ruido visual cuando el medio de desarrollo se adhiere a la superficie de grabación debido a sustratos distintos al aceite dejado por la piel. Es probable que los peritos aprendan a superar esta interferencia; como dijo un experto, su trabajo es “ver a través de la interferencia”. (Esto también parece ser una importante capacidad de los pilotos de combate militares; ver Dror, Kosslyn y Waag, 1993, Experimento 5, que se ilustra en la Figura 15-1).

Varios mecanismos posibles podrían permitir este tipo de aprendizaje, tales como la reducción de interferencia interna y mejores estrategias por parte de los observadores, así como una sección posterior en donde se discuta cómo las técnicas desarrolladas para estudiar el procesamiento visual permiten la evaluación de estos mecanismos. Existen manifestaciones específicas de unificación en la literatura. Goldstone (2000) permitió a los participantes practicar de manera extensa, el aprendizaje al organizar una compleja colección de garabatos en la Categoría 1, y todos los “casi errores” en este patrón que pertenecían a la Categoría 2, como se muestra en la Figura 15-2.

Esta tarea promueve la unificación. Todas las piezas del patrón de la categoría 1 deben atenderse con el fin de clasificarlas con precisión, ya que cada pieza también está presente en varios patrones de Categoría 2. Después de 20 horas de práctica con estos estímulos, los participantes finalmente fueron capaces de clasificar la categoría 1 del dibujo de forma muy precisa y con mayor rapidez de lo que se predijo, si se estuviera combinando de forma explícita piezas separadas de información del dibujo. De manera coherente con otros trabajos sobre unificación perceptual (Gauthier et al., 1998; Shiffrin y Lightfoot, 1997), la teoría aquí es que una manera de crear nuevos bloques de construcción perceptual es crear algo así como una



Fácil



Difícil

FIGURA 15-1

"Ver a través de ruido" en Dror et al. (1993), experimento 5, el examen de las habilidades de los principiantes y los pilotos de combate expertos para determinar si la sonda de la 'X' está dentro o fuera del área sombreada con y sin ruido visual.

Categoría 1



Categoría 2

**FIGURA 15-2**

Dibujos en dos categorías. Las letras indican qué segmento de la Categoría 2 es diferente al dibujo de la Categoría 1.

imagen mental fotográfica para configuraciones complejas altamente familiares. Siguiendo esta analogía, y del mismo modo que una tienda de cámaras no cobra más por tomar fotografías de muchas personas que por tomar fotos de una sola persona, una vez que la imagen mental compleja se ha formado, no hacen falta más esfuerzos para procesar la unidad que los componentes a partir de los cuales se formó. Una definición más completa de "gestalt" se puede encontrar en O'Toole et al. (2001). Blaha y Townsend (2006) han demostrado que pueden producirse cambios en la capacidad, cuando ha tenido lugar la unificación. Sin embargo, la representación mental de la información es crítica, y esto es altamente dependiente de la forma en que los objetos se presentan durante el aprendizaje (por ejemplo, su orientación) y su similitud relativa (véase Ashworth y Dror, 2000).

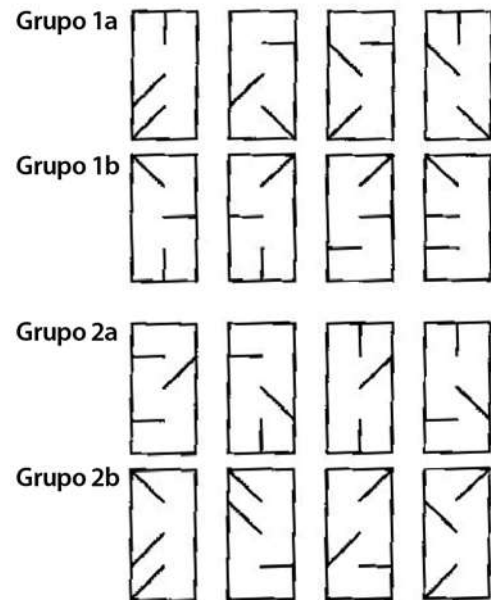
Czerwinski et al. (1992) propuso un proceso de unificación perceptual en el que las conjunciones de características

de estímulo se "fragmentan" juntos para que se perciben como una sola unidad (véase también Newell y Rosenbloom, 1981). La Figura 15-3 ilustra este tipo de estímulos.

Shiffrin y Lightfoot (1997) argumentaron que los segmentos de línea separados pueden llegar a unificarse luego de práctica prolongada con los materiales. Su evidencia provino del desempeño de los sujetos en una tarea de búsqueda de características, en donde los observadores tuvieron que escanear una presentación visual de ocho artículos buscando un elemento en particular. Este elemento podría ser bastante similar a los otros elementos (llamados distractores) o relativamente distintos. Cuando los participantes aprendieron una tarea difícil de búsqueda en la que se necesitaban tres segmentos de línea para distinguir el objetivo de los distractores, se observaron descensos impresionantes y prolongados en el tiempo de reacción durante 20 sesiones de una hora de duración.

FIGURA 15-3

Los estímulos utilizados por Shiffrin y Lightfoot (1997). Con el tiempo, los observadores comenzaron a tratar los segmentos de línea individuales como características unitarias.



Estos descensos prolongados no se observaron para una tarea de búsqueda simple que requería atención a un solo componente. Además, cuando los participantes cambiaron de una tarea difícil a una tarea de búsqueda de características simple, inicialmente fue poca la mejora en el rendimiento, lo que sugiere que los participantes aún estaban procesando los estímulos al nivel de porción unificada que se formaron durante el componente de formación conjuntivo. Los autores concluyeron que el entrenamiento difícil con estímulos que requieren atención a varias características a la vez conduce a la unificación del conjunto de segmentos de línea de diagnóstico, lo que resulta en un menor número de comparaciones requeridas. Se obtuvieron conclusiones similares por parte de Ahissar y Hochstein (1997) en su trabajo sobre el “efecto Eureka”, en el que aprendieron estímulos parecen ser reconocidos sin esfuerzo y de forma de todo o nada.

Aunque este trabajo aún no se ha extendido a las impresiones latentes, la unificación en el marco de huellas digitales puede concretarse a través del análisis de las limitaciones que se producen en el desarrollo de las crestas de fricción. Por ejemplo, las crestas tienen una separación muy pareja, y características tales como finales de cresta se asocian con crestas cercanas que fluyen hacia adentro para conservar esta separación. Los expertos en dactiloscopia han descubierto que pueden utilizar estas características en sus identificaciones.

¿Qué significaría para los expertos en huellas dactilares el desarrollar características recién diferenciadas? Esto cambiaría *vocabulario perceptual* del campo. Un vocabulario perceptual es el conjunto de características funcionales que se utilizan para describir objetos. Una característica funcional se define como cualquier propiedad de un objeto que pueda atenderse de manera selectiva y sea relevante para la tarea. Esto implica que el sistema visual lo maneja como una parte única de un objeto. Por ejemplo, la característica X se puede utilizar para describir un objeto si hay pruebas de que X se puede considerar aislada de otros aspectos del objeto. El relacionar la singularidad de una característica con la atención selectiva coincide con muchas técnicas empíricas para investigar características. Garner (1976) considera que dos características o dimensiones son separables separable si las categorizaciones basadas en una de las características no son frenadas por la variación irrelevante en el otro. Treisman (por ejemplo, Treisman y Gelade, 1980) sostiene que las características están registradas por separado en diferentes mapas de características, dando lugar a búsquedas eficientes y paralelas para las características individuales y la división automática, además de características diferentes que ocupan el mismo objeto. Dentro de las huellas dactilares, hay varias características altamente correlacionadas que son candidatas para la unificación. Como se ha señalado, el ancho entre las crestas es muy regular, lo que puede proporcionar restricciones sobre cómo se interpreta la información en las zonas degradadas si existen detalles claros en las áreas adyacentes. Del



mismo modo, ramificación en 'y', centros, y deltas son características estereotípicas en las impresiones que se componen de características más pequeñas que tienen el potencial de ser unidas a una nueva característica de una manera jerárquica a través de unificación.

Una consecuencia de estos estudios para la formación de examinadores de huellas latentes es que nos encontramos con efectos bastante consistentes y duraderos de aprendizaje perceptual luego de un entrenamiento relativamente breve (semanas a meses). Sin embargo, estos estudios no han identificado cuánto tiempo persisten estos cambios.

15.2.3.3 Procesamiento configuracional de imágenes.

El trabajo de Busey y Vanderkolk (2005) el procesamiento configuracional como una técnica mediante la cual los examinadores de huellas dactilares podrían mejorar la calidad de la información que proviene de las impresiones de huellas dactilares, especialmente cuando los grabados están corrompidos por interferencia visual. El procesamiento configuracional se relaciona con la unificación en que

permite la combinación de características individuales en una representación más grande que los códigos de la información relacional y posiblemente maneja toda la imagen como una imagen unitaria en lugar de una colección de características. Debido a que relativamente pocos estudios han abordado la experiencia exhibida por los examinadores de impresiones latentes, estos experimentos se describen detalladamente a continuación. Busey y Vanderkolk (2005) evaluaron a 11 expertos y 11 novatos con 144 juicios experimentales. En cada juicio se presentan una huella digital brevemente durante un segundo y luego, después de una breve demora, se presentaban dos copias: una que era una versión girada de la misma impresión, y otra que fue elegida por expertos humanos para que fuera una impresión muy similar, pero de una fuente diferente. La Figura 15-4 muestra ejemplos de los estímulos de prueba, y la Figura 15-5 muestra la técnica por la cual se crean huellas digitales parcialmente enmascaradas.

Los investigadores modificaron las dos impresiones de prueba para que fueran grabadas ya sea enteras o

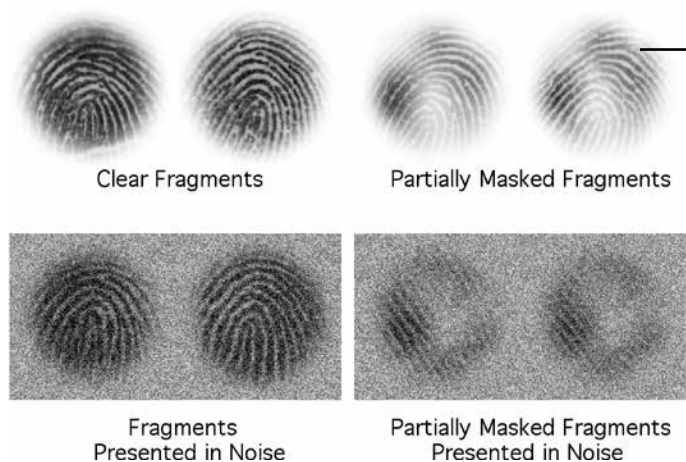


FIGURA 15-4

Estímulos utilizados por Busey y Vanderkolk (2005) para abordar el procesamiento configuracional en las examinaciones de impresiones latentes.

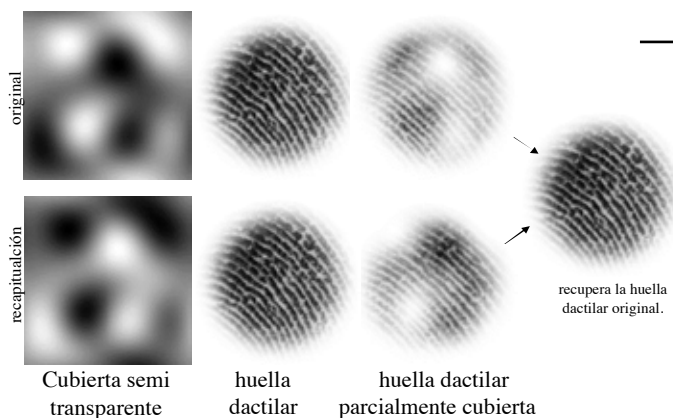


FIGURA 15-5

Método para crear cubiertas parciales para probar el procesamiento configuracional.

parciales incorporadas en la interferencia visual y pidió a los sujetos que identificaran qué impresión habían visto antes. Utilizaron la exactitud en la condición de impresión parcial junto con un modelo matemático conocido como la *suma total de probabilidad* para hacer una predicción del rendimiento en toda la condición de imagen. Ellos encontraron que los expertos superaron esta predicción, lo cual es coherente con el procesamiento configuracional.

Siguieron este hallazgo con un experimento de electroencefalograma (EEG), que encontró evidencia similar para el procesamiento configuracional en los expertos en huellas dactilares (pero no en los novatos). Las caras verticales producen una respuesta cerebral diferente a las caras invertidas cuando se comparan las dos formas de onda del EEG; esto se atribuyó al procesamiento configuracional que se produce sólo para las caras verticales. En su experimento, se encontró que los expertos mostraron diferencias para las caras, así como para las huellas digitales cuando se invirtieron dos estímulos. Los novatos mostraron diferencias solamente para las caras. De este modo, la firma de pruebas de procesamiento configuracional en la forma de onda EEG para las caras generaliza a las huellas dactilares en los examinadores de impresiones latentes. Debido a la compleja naturaleza de los datos y los análisis de EEG, se remite al lector al artículo primario (Busey y Vanderkolk, 2005) para obtener más información. Estos dos experimentos demuestran que los expertos utilizan el procesamiento configuracional para mejorar su percepción de las características individuales mediante el uso de evidencia de características cercanas.

15.2.3.4 Aprendizaje estadístico de la información visual sin atención o conciencia.

¿Qué procesos cerebrales podrían apoyar la creación de nuevas características a través de la unificación y representaciones sistémicas a través del procesamiento configuracional? La base de este aprendizaje se encuentra en la noción de *coocurrencias*, que son descripciones estadísticas del hecho de que en imágenes y objetos, dos características tienden a ocurrir simultáneamente. Por ejemplo, es raro que una cara tenga un solo ojo, y este hecho no escapa al sistema visual, que comenzará a construir una representación tal de que cuando un ojo está presente, está más para codificar la presencia del otro ojo. Con el tiempo, las células pueden surgir en la transmisión del proceso visual, que sólo codifica la conjunción de los dos ojos. La evidencia con estímulos nuevos para este proceso a nivel de una única neurona proviene de Baker et al. (2002).

El trabajo reciente de Turk-Browne et al. (2005), sugiere que este aprendizaje estadístico (es decir, el aprendizaje de que dos características o partes que están relacionados entre sí tienden a coocurrir) puede producirse automáticamente. Se requiere atención para seleccionar la población relevante de estímulos o características, pero el aprendizaje se lleva a cabo de forma automática después de eso.

Este trabajo es una extensión de estudios previos realizados por Fiser y Aslin (2001), quienes pusieron a prueba la propuesta originalmente hecha por Barlow (1990), que planteaba que el sistema visual iniciaba a aprender mediante la detección de “coincidencias sospechosas” de características o elementos. Se presentaron conjuntos de formas simples y bien definidas a los observadores, que hicieron variable la posibilidad de que una característica apareciera con otro. Los observadores no recibieron instrucciones sobre lo que debían hacer, ni realimentación que pudiera identificar la naturaleza de las relaciones entre los objetos. A pesar de esto, los observadores espontáneamente aprendieron una variedad de relaciones, incluyendo cuales características se presentaban más a menudo, en donde tendían a ocurrir, las posiciones de los pares (independientemente de la posición), y finalmente que formas se produjeron juntas (independientemente de la posición). Estos resultados son importantes porque los modelos de reconocimiento de objetos (presumiblemente incluyendo huellas dactilares) requieren que el sistema visual aprenda este tipo de relaciones entre las características. Se han presentado argumentos similares por parte de Anderson y Schooler (1991), quien argumentó que la estructura de la memoria humana puede haber sido influenciado por la estructura presente en el ambiente.

El hecho de que el aprendizaje sea relativamente automático e inconsciente sugiere que el mero hecho de mirar las huellas digitales permitirá que el sistema visual extraiga las regularidades estadísticas contenidas en las impresiones. Los operadores AFIS, por ejemplo, tal vez no puedan realizar las identificaciones reales en los grandes laboratorios, pero son buenos candidatos para el trabajo de impresión latente debido a su exposición incidental a las huellas dactilares.

15.2.3.5 De qué manera el aprendizaje se ve afectado por la interferencia y la retroalimentación.

Los expertos que trabajan con imágenes con interferencia visual (por ejemplo, radiólogos, los pilotos de combate, analistas de imágenes por satélite, operadores de radar y examinadores de huellas latentes) deben aprender cuales son los



aspectos significativos de sus imágenes y que es el ruido visual. El asunto es aprender a separar la información de la imagen de la interferencia de las imágenes. Doshier y Lu (2005) Lu abordó la cuestión de si es mejor para entrenar usando imágenes con interferencia o imágenes claras. Quizás sorprendentemente, los participantes que entrenaron con imágenes claras fueron capaces de generalizar este conocimiento para imágenes con interferencia, mientras que los participantes que entrenaron con imágenes con interferencia sólo eran expertos con imágenes con interferencia y actuaron como novatos frente a las imágenes claras. Ellos atribuyeron esto a la existencia de dos procesos independientes: el filtrado de interferencia externa y mejorar la amplificación o mejora de los estímulos débiles. Ambos procesos darán lugar a un mejor rendimiento, pero la interferencia externa filtrada sólo funciona cuando hay ruido de filtrar. Así, el entrenamiento con elementos claros permite que ambos procesos se desarrollen.

Cuando los expertos aprenden en imágenes con interferencia, pueden realizar lo que se llama “mejora de la señal”, que es el proceso por el cual los detectores neuronales en el sistema visual hacen coincidir sus perfiles para acoplarse a las características por percibir. Esto podría incluir el proceso de aprendizaje de lo que debe buscarse en una imagen, que se ha demostrado en el “fenómeno Eureka” (Ahissar y Hochstein, 1997) y, más recientemente, ha recibido el apoyo de Gold et al. (1999) y Lu y Doshier (2004).

Una impresión dactilar muy débil está limitada no por la interferencia visual, sino por la capacidad del examinador para discernir la estructura en la impresión. Una consecuencia de esto es que los novatos (incluidos los becarios de huellas latentes) deben recibir la mayor parte de su formación con impresiones relativamente claras que aparezcan en diferentes niveles de brillo para que puedan aprender las características que necesitan tanto para considerar, cómo para mejorar la amplificación de imágenes muy débiles. Este aprendizaje perceptual debe entonces generalizarse para imágenes con interferencia, que se pueden introducir más adelante en el entrenamiento.

La idea de que la experiencia se basa en los procesos conscientes e intencionales, así como los procesos inconscientes e incidentales ha sido abordada por Maddox y Ing (2005). Ellos sugieren que el papel del sistema consciente es desarrollar y probar hipótesis relacionadas con una tarea en particular. En sus estudios, la tarea era clasificar un objeto en una de varias categorías. El sistema inconsciente se desempeña principalmente como un proceso de

integración de la información similar a la del aprendizaje estadístico descrito anteriormente. Cuando una tarea implica una regla simple (es decir, objetos rojos pertenecen a una categoría y objetos azules a otra), el sistema de prueba de hipótesis está principalmente involucrado. La retroalimentación no sólo mejora el rendimiento en esta tarea, sino que demorar la retroalimentación durante 5 segundos no tiene efectos nocivos. Sin embargo, para tareas que involucran combinaciones de dimensiones (es decir, la Categoría 1 se refiere a pequeños objetos rojos y grandes verdes, y la Categoría 2 a largos objetos rojos y otros pequeños verdes), demorar la retroalimentación 5 segundos afecta el desempeño. Esto sugiere que la retroalimentación inmediata puede ayudar al proceso de aprendizaje, al menos cuando las características o dimensiones que son necesarias para una tarea son fáciles de expresar verbalmente. Sin embargo, no será necesaria la retroalimentación, y el aprendizaje perceptivo fiable se puede obtener en ausencia de la retroalimentación (Fahle y Edelman, 1993; Wenger y Rasche, 2006). En lo que a los exámenes de huellas digitales respecta, cuando los examinadores se basan en la información de impresión que no es fácil de verbalizar (tales como la cantidad de curvatura en la trayectoria de una cresta), deben perfeccionar su aprendizaje mediante el entrenamiento en series de estímulos para los que se conoce la realidad terreno y puede ser inmediatamente verificada.

15.2.3.6 Calcular similitudes entre características.

Cualquier comparación entre una impresión latente y una huella de un candidato conocido implicará algún cálculo de similitud ya que la impresión latente no es una copia exacta de la impresión con tinta. Esta comparación se puede realizar basada en las características individuales o la dirección general de la orientación de crestas generales de primer nivel, o características de clase (a menudo utilizadas para rápidamente eliminar una impresión conocida de la consideración). En cierto sentido, la totalidad de la comparación de huellas latentes frente a las entintadas puede ser vista como un cálculo de similitud con una etapa de decisión en el otro extremo. En el campo del reconocimiento facial, Steyvers y Busey (2001) han estudiado modelos del proceso de cálculos de similitud, y cómo las puntuaciones de similitud se pueden utilizar para construir representaciones tridimensionales que proporcionan información para los modelos de memoria basados en procesos (Busey, 1998; Busey y Tunnicliff, 1999). Este trabajo se desarrolló sobre el trabajo previo sobre el aprendizaje perceptual y la categorización, hecho en parte por Goldstone (1996, 1999,

2000). Esta experiencia previa destaca dos áreas que se generalizan fácilmente a las huellas dactilares. Estos se refieren a la manera en que los expertos crean dimensiones psicológicas de estímulos (descrito en detalle a continuación) y cómo se integran y diferencian estas dimensiones, dependiendo de la naturaleza de la tarea.

Una *característica* es un elemento de estímulo unitario, y una *dimensión* es un conjunto de valores ordenados. Las dimensiones de forma podrían incluir la longitud, anchura, curvatura, o tamaño. Para un observador novato, las múltiples dimensiones que constituyen un estímulo complejo pueden estar fusionadas, mientras que un experto puede separar estas dimensiones a través de un proceso llamado *diferenciación*. En el contexto actual, las impresiones latentes corresponden a un conjunto de dimensiones, y la interferencia que acompaña a las impresiones corresponde al segundo grupo. Los expertos pueden aprender a separar los dos conjuntos de dimensiones a través de la diferenciación dimensional, aunque esto no se ha extendido empíricamente. Goldstone y Steyvers (2001) observaron cómo el entrenamiento afecta la diferenciación de la dimensión y encontró que, aunque los expertos aprenden a diferenciar unas dimensiones de otras (similar a percibir la altura de un objeto sin que su anchura afecte), a veces pueden tener dificultades para cambiar su atención a las dimensiones previamente ignorados. En el proceso de aprender a diferenciar las dimensiones y, en el proceso, aprender a ignorar las dimensiones irrelevantes, los expertos tienen un bajo desempeño si la variación significativa se introduce en las dimensiones previamente irrelevantes. Por lo tanto, los expertos en huellas dactilares pueden tener dificultades cuando se le pida que emitan juicios que dependan en parte de las diferencias que existen en las dimensiones de interferencia, que presumiblemente han aprendido a ignorar.

Burns y Shepp (1988) calcularon las relaciones de similitud entre los chips de color. Encontraron que aunque los observadores novatos tienden a tratar a las dimensiones de tonalidad, saturación y brillo como integrales, los expertos fueron más propensos a diferenciar estas dimensiones. Goldstone (1996) extendió este trabajo para demostrar que las personas que aprenden una categorización se vuelven sensibles a las dimensiones relevantes. El trabajo de categorización descrito anteriormente sugiere que los expertos aprenden a separar las dimensiones relevantes, lo que les ayuda a calcular con mayor precisión la similitud de dos objetos.

Este enfoque dimensional ha demostrado ser útil en el campo de reconocimiento facial, lo que revela no sólo la naturaleza de las dimensiones de las caras sino que también proporciona un espacio psicológico que se puede utilizar para hacer predicciones respecto a experimentos de memoria. Un *espacio psicológico* es una representación abstracta que pone caras más similares juntas (Valentine, 1991). Busey (1998) juntó un gran conjunto de puntajes de similitud entre todos los pares posibles de 104 caras. Estas puntuaciones se analizaron mediante un paquete de análisis de escala multidimensional (MDS), que intenta reducir la dimensionalidad de los datos a dimensiones psicológicas relevantes que describan cómo los seres humanos calculan la similitud. El espacio psicológico resultante no sólo demostró ser interpretable, sino que luego se utilizó para hacer predicciones en experimentos de memoria (Busey y Tunnicliff, 1999). Los trabajos posteriores por parte de Steyvers y Busey (2001) demostraron las concordancias y discordancias entre una representación física calculada a partir de las imágenes y los espacios psicológicos calculados a partir de las clasificaciones de similitud. En parte, las diferencias provienen del hecho de que algunas características son más diagnósticas que otras; los peritos pueden usar esta diagnosticidad para ajustar su espacio psicológico de huellas dactilares según corresponda. Los diferentes procesos usados por los expertos se traducen en un mejor desempeño, pero también, de manera paradójica, conllevan degradación como resultado de la compensación cognitiva (Dror, 2009a).

Este trabajo sugiere que un elemento de formación implica el descubrimiento de dimensiones psicológicas relevantes que diferencian a las huellas dactilares. Estas dimensiones no se conocen aún, pero podrían ser algo así como la dirección general las crestas, tipo de huellas dactilares en general, la densidad de minucias en determinadas regiones, e incluso, las características idiosincrásicas tales como agrupaciones particulares de crestas.

15.2.3.7 Similitud vs toma categórica de decisiones. La sección anterior describe la manera en que el trabajo psicológico en el cálculo de similitud se aplica a los exámenes de impresiones latentes. Pudiera parecer que hay un abismo entre los juicios de similitud, lo que se puede entender como una medida continua, y como el tipo de decisión a la que llegan los examinadores de huellas latentes. El lenguaje puede ser diferente en distintas jurisdicciones, pero por lo general los examinadores declaran que dos huellas proceden de una misma fuente o de fuentes diferentes.



Pueden o no adjuntar algún tipo de índice de confianza a esta conclusión. Esto podría sugerir que la literatura relacionada con la similitud puede tener poco que ver con los exámenes de huellas latentes. Sin embargo, los autores de este capítulo podrían argumentar que la decisión alcanzada por el examinador es, de hecho, un juicio de similitud implícito. Nunca dos impresiones son idénticas; por lo tanto, la tarea siempre requiere de algún elemento de comparación y cálculo de similitud. Los examinadores luego traducen esto en un juicio categórico, presumiblemente utilizando alguna norma como: "Estas dos impresiones son más similares entre sí que cualquier otra casi coincidencia que he observado jamás" o "Las dos huellas son suficientemente similares, por lo que puedo concluir que provienen de la misma fuente" (ver Dror, 2009a, para una discusión sobre similitud suficiente).

Uno puede querer hacer una distinción entre los procesos cognitivos subyacentes reales que participan en las huellas digitales, la terminología y el lenguaje utilizado para expresar una conclusión, así como la manera en que esto se explica en la corte. Aquí, la atención se centra en los procesos cognitivos que resultan de la comparación de la similitud de dos imágenes. La forma en que los examinadores de huellas dactilares explican sus conclusiones y la forma en que expresan sus decisiones, puede variar de un lugar a otro y pueden cambiar con el tiempo; sin embargo, los procesos cognitivos que son el meollo de este capítulo son los mismos.

15.2.3.8 Resumen preliminar. En este capítulo hasta el momento ha resumido los hallazgos de la literatura sobre el aprendizaje perceptual como lo han explorado los científicos cognitivos. Lo que surge de este resumen es una visión de que el sistema visual humano es excepcionalmente bueno para extraer la estructura que existe en una clase de estímulos. Este proceso de aprendizaje se produce con muy poca dirección consciente más allá de la selección inicial de características pertinentes. Lo único que se requiere es un conjunto constante de estímulos de ejemplo que proporcionen los tipos de regularidades estadísticas entre características o partes, que son extraídos por los mecanismos de procesamiento de gráficos, así como alguna selección de cuáles son las características relevantes necesarias para la tarea. Esto intenta dar a entender que este es un proceso fácil; de hecho, el campo debería abogar por más horas de entrenamiento para proporcionar el gran número de ejemplos que se requieren para identificar las relaciones

estadísticas débiles. Este aprendizaje tan complejo se puede mejorar mediante el desarrollo basado en la formación científica y en la utilización de la tecnología (ver Dror, Steynage, y Ashworth, 2008).

Los expertos a menudo se preguntan, ¿cuánta información coincidente es suficiente? La literatura sobre el aprendizaje perceptual no proporciona una respuesta directa, pero las herramientas de la ciencia cognitiva ilustran cómo los diferentes factores se compensan. En la siguiente sección se utiliza un enfoque de modelo de cálculo para abordar la relación entre cantidad y calidad. La calidad de imagen podría medirse de varias maneras, pero en general, representa el grado de información de impresión visible proporcional a la cantidad de interferencia causada por el polvo u otros artefactos creados cuando se tomó la impresión. La cantidad de imagen representa el área de superficie de la información útil de la impresión, lo que podría ser medido en unidades de ancho de las crestas o centímetros cuadrados. Aunque se puede entender que la cantidad y calidad de imagen van juntas, en teoría es posible separar estos factores.

15.2.4 Debilidades y vulnerabilidades en los fenómenos perceptuales, cognitivos y fisiológicos

Aunque la naturaleza activa y dinámica del conocimiento es la base de la inteligencia y la pericia, también introduce una multitud de elementos que hacen que los seres humanos sean capaces de distorsionar la información y así cometer errores (Dror, en prensa). Dado que muchos de estos procesos son inconscientes (por ejemplo, Greenwald, 1992), son especialmente problemáticos y peligrosos. En esta sección se detalla e ilustra cómo el procesamiento humano de la información puede distorsionar la información en una variedad de maneras. La siguiente sección muestra cómo estos fenómenos se relacionan con la identificación de huellas dactilares.

Nuestro tratamiento de la información perceptual también puede distorsionar nuestra percepción de las imágenes. Aunque las dos formas negras arriba, en la Figura 15-6, son idénticas, son percibidas como algo totalmente diferente (Shepard, 1981). El carácter activo y dinámico del sistema perceptual no sólo tiene el potencial de distorsionar los datos de entrada, como ya se ha ilustrado, sino que también puede añadir información y hacernos percibir cosas que no existen realmente. Por ejemplo, en la Figura 15-7,

se perciben contornos subjetivos imaginarios que hacen un cuadrado blanco en la parte superior del cuadro negro (Kanizsa, 1976). Además, este cuadrado blanco imaginario parece incorrectamente ser de un color diferente al de sus alrededores (comparar la sombra en los puntos A y B, que son de hecho idénticos).

Estos ejemplos demuestran que incluso los mecanismos sensoriales de nivel inferior no son pasivos o aislados de una variedad de factores que pueden afectar y distorsionar lo que se percibe. Por lo tanto, gran parte de lo que se percibe, incluso los mecanismos de nivel inferior, dependen de quien lo percibe en lugar de reflejar una "realidad objetiva". Los mecanismos de atención a nivel perceptual, al igual que a niveles más altos de procesamiento de información (se habló al respecto en la sección 2.2), seleccionan solo un subconjunto de la información disponible para procesamiento sucesivo. De este modo, en realidad la gente no procesa mucho de lo que ve. De hecho, pasan por alto y posiblemente se pierden de información crítica en una imagen.

Debido a estos, así como otros mecanismos cognitivos, la misma imagen visual puede de hecho, obtener diferentes interpretaciones dependiendo del contexto en el que se presenta. El patrón de en medio en la Figura 15-8 puede o bien ser interpretado como la letra "B" o como el número "13"; puede ser inducida al proporcionar diferente información contextual ("13" con la información contextual verticales o "B" con la información contextual horizontal).

Ya que nuestras mentes y estado psicológico juegan un papel central en cómo las personas procesan la información, aquí también están sujetos a vulnerabilidades. De hecho, la mente puede "jugar muchos trucos" y causar una amplia gama de fenómenos. El dicho popular de que "el amor es ciego" es un reflejo de este efecto.

La mayoría de las personas han experimentado que cuando esperan ver algo, lo ven incluso cuando no está allí (y, de manera similar, cuando tienen miedo de algo, ellos lo ven, incluso cuando no hay nada). En estas situaciones, el

FIGURA 15-6

Ambas áreas en negro son idénticas en tamaño.

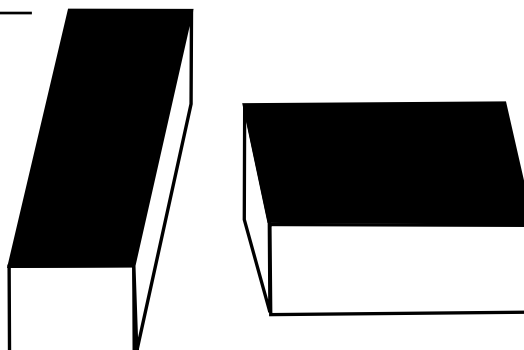


FIGURA 15-7

Ejemplo de contornos subjetivos y diferencias ilusorias en el sombreado (puntos A y B).

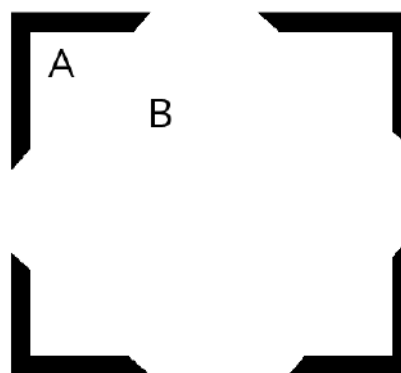


**FIGURA 15-8**

La misma imagen central puede tener diferentes interpretaciones en función del contexto visual o mental.

contexto no es proporcionado por el medio ambiente, sino más bien por el “estado de ánimo” de uno o del contexto mental.

A un nivel más científico, esto puede probarse al mostrar que la interpretación de la imagen central en la figura 8, ya sea como “13” o “B” pueden verse afectados por una de estado de ánimo. En lugar de manipular el contexto externo de “A, B, C” vs. “12, 13, 14”, el estado psicológico de la mente, en términos de motivación, puede ser manipulado. Si la imagen central se presenta en un contexto que motive a la gente a ver un número, entonces verán un “13”, a diferencia de ver la misma imagen como “B” cuando se sienten motivados a ver una letra (Balcetis y Dunning, 2006). Por ejemplo, uno puede ser altamente afectado por estados de ilusión, la disonancia cognitiva, escalada de compromiso, o el sesgo de confirmación. En estos casos, la colección e interpretación de información están dirigidas a justificar y verificar una decisión ya existente, o para confirmar una preferencia o sesgo preexistente.

Una vez más, incluso si el tomador de decisiones viene inicialmente sin decisiones preconcebidas o prejuicios, dado que las decisiones se consideran y se hacen, la información se recopila y procesa a los efectos de confirmar y validar estas decisiones. Como ya se ha ilustrado, estos procesos son altamente dependientes de elementos psicológicos y procesos en lugar de únicamente en la información pertinente. Por lo tanto, los estados de ánimo y la propia mente pueden distorsionar e interferir con la manera en que se recoge, procesa e interpreta la información (por ejemplo, Baumeister y Newman, 1994; Kunda, 1990). Estos efectos ocurren más a menudo sin ninguna conciencia (por ejemplo, Greenwald, 1992).

15.3 Elementos Cognitivos y Psicológicos en la Identificación de huellas dactilares

Es claro que la identificación de huellas dactilares no se puede realizar en forma aislada de la cognición humana. Toda una gama de elementos perceptivos, cognitivos y psicológicos desempeñan un papel integral en todas las etapas del proceso de identificación: desde encontrar y recoger impresiones, percibirlas, su análisis, comparación y evaluación, hasta llegar a juicios, tomar decisiones y la verificación. En las siguientes secciones, los fenómenos psicológicos y cognitivos que están unidos entre sí y relacionados con el mundo de la identificación de huellas dactilares, y la investigación que examina directamente el campo de huellas dactilares se presenta a continuación. Finalmente, se discuten algunas implicaciones prácticas y aplicaciones de estos elementos. El encontrar maneras de avanzar y mejorar la identificación de huellas dactilares sólo se puede conseguir una vez que estamos dispuestos a aceptar la existencia de estas influencias.

15.3.1 Relevancia de los fenómenos cognitivos de la identificación de huellas dactilares

Es obvio que los expertos en huellas dactilares, como expertos en otros dominios, así como los no expertos en la vida cotidiana, son susceptibles a los fenómenos perceptuales, cognitivos y psicológicos. Sin embargo, no todos los fenómenos psicológicos y cognitivos se relacionan directamente con identificación de huellas digitales. Es importante tener en cuenta cuáles son relevantes y cómo. Por ejemplo, si la

identificación de huellas digitales requiere la comparación de la longitud de las crestas, entonces, la ilusión de Müller-Lyer (1889) puede resultar muy relevante. En la Figura 15-9, la línea horizontal superior se percibe como más corta que la línea horizontal inferior, aunque las dos líneas son en realidad idénticas en longitud (Restle y Decker, 1977).

Esta es una demostración de algunos fenómenos psicológicos y cognitivos potencial que pueden estar directamente relacionados con la identificación de huellas dactilares. Este y otros fenómenos han sido investigados en el ámbito general de las investigaciones psicológicas. Otras investigaciones científicas se han llevado a cabo para abordar directamente la identificación de huellas dactilares.

15.3.2 Investigación cognitiva sobre experiencia e identificación de huellas dactilares

Una serie de estudios de investigación han examinado la posible influencia del contexto en las decisiones sobre si las huellas dactilares coinciden o no (véase, por ejemplo, Langenburg et al, 2009; Schiffer y Champod, 2007; Dror, Péron, Hind, y Charlton, 2005; Dror y Charlton, 2006; Dror, Charlton, y Péron, 2006). En un estudio (Dror, Péron, Hind, y Charlton, 2005), se presentaron pares de huellas digitales a los no expertos. Algunos pares de huellas claramente coincidían, algunos claramente no coincidían, y otras eran ambiguas. Entonces, antes de que los participantes examinaran las huellas dactilares, se presentó información contextual sobre el delito en cuestión (incluyendo fotos de la escena del crimen). La mitad de las veces el contexto era neutral. Los participantes tenían que juzgar si la información existente era suficiente para emitir un juicio de valor y, de ser así, si las impresiones coincidían. Sin embargo, la otra mitad de las impresiones se presentaron dentro de un estado altamente emocional, con fotos que científicamente eran capaces de provocar reacciones emocionales (Lang et al., 1995), como la fotografía de la Figura 15-10.

Los resultados del estudio mostraron que el contexto emocional y el estado de ánimo afectan la manera en que se relacionaron las huellas dactilares. Sin embargo, el efecto del contexto emocional dependía de la dificultad de lograr la coincidencia. La manipulación emocional sólo afectó a las decisiones coincidentes cuando los pares de huellas dactilares eran ambiguos y no había datos suficientes para tomar una decisión de identificación o exclusión clara y simple. (Para más detalles, consulte Dror, Péron, Hind, y Charlton, 2005.)

El estudio de 2005 se llevó a cabo con no expertos. Sin embargo, las experiencias emocionales parecen jugar un papel en el trabajo de los examinadores de huellas digitales (Charlton et al., en prensa). Incluso los estudios con expertos reales no reflejan la realidad en el lugar de trabajo debido a que la investigación está basada en el laboratorio. De hecho, incluso en el entorno normal de trabajo, los expertos se comportan de manera diferente si saben que están siendo observados, tomando parte en una investigación o siendo evaluados. A manera de analogía, si se quiere evaluar y examinar la forma en que la gente conduce y se evalúa su conducción mediante una prueba de conducción oficial, o incluso si saben que están siendo observados (o dentro del rango de una cámara de velocidad), difícilmente reflejará cómo manejan realmente el coche todos los días en la práctica en las calles (ver Dror y Rosenthal, 2008; Dror, 2009b).

Para recopilar información ecológicamente válida y robusta, Dror y Charlton (2006) y Dror, Charlton, y Perón (2006) emplearon información secreta recogida de expertos en huellas dactilares durante sus rutinas de trabajo. Un diseño experimental subjetivo se utilizó en donde los mismos expertos hacen juicios sobre pares idénticos de huellas digitales, pero en diferentes contextos. Se trata de un paradigma experimental muy robusto y de gran alcance, ya que los participantes actúan como sus propios controles. Esto no sólo proporciona datos más significativos e interpretables, sino que cada punto de datos lleva más poder

FIGURA 15-9

Ambas líneas horizontales tienen la misma longitud.

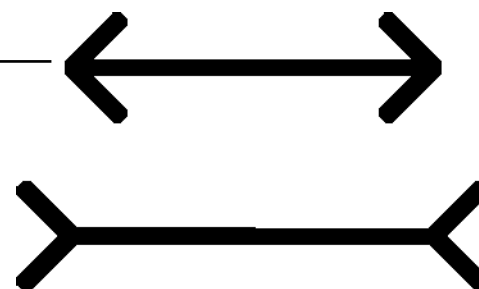


**FIGURA 15-10**

*Una imagen utilizada
en el estudio Dror et al.
(2005).*

estadístico. Además, esto permite al investigador aislar, enfocarse y examinar sus propias influencias contextuales, en lugar de revelar posibles diferencias individuales entre los expertos. Como consecuencia, se recogieron pares de huellas dactilares (de archivos) que los mismos expertos habían examinado y determinado unos 5 años antes como coincidencia o exclusión clara y definida. Estas identificaciones/exclusiones anteriores se tomaron de investigaciones criminales reales.

En estos estudios, los mismos pares de huellas dactilares fueron re-presentados a los mismos expertos, sólo que ahora en un contexto ajeno que los podría predisponer para evaluar las impresiones de manera diferente. Un grupo de control incluyó pares de impresiones que se presentaron sin manipular el contexto. En estos dos estudios, un total de 53 pares de huellas se presentaron a 11 expertos con experiencia en impresiones latentes (ninguno de los cuales participaron en ambos estudios).

En un meta análisis combinado de estos dos experimentos (Dror y Rosenthal, 2008), se analizó y determinó la confiabilidad y la capacidad para mostrar preferencia por parte de los expertos en huellas dactilares.

Ocho de los 11 expertos formularon algunas decisiones inconsistentes que entraban en conflicto con sus decisiones anteriores sobre el mismo par de huellas dactilares. Estas decisiones conflictivas se produjeron principalmente en las impresiones más difíciles y con las impresiones

que se consideraron originalmente como identificaciones. Sin embargo, algunas decisiones inconsistentes también ocurrieron con estampados relativamente fáciles y con las impresiones que se consideraron originalmente como exclusiones. Además, se observaron algunas decisiones inconsistentes en la condición de control, en el que las impresiones se presentaron sin ninguna manipulación contextual. (Para más detalles y discusión de estos resultados, ver los estudios; las citas completas se enumeran en las referencias).

Una serie de nuevos estudios han dado seguimiento a este trabajo (por ejemplo, Langenburg et al., 2009; Hall y Player, 2008; Schiffer y Champod, 2007). Aunque existe cierta divergencia en las interpretaciones de los diferentes estudios (ver Dror, 2009b), todos muestran de manera consistente y clara que existen efectos de parcialidad, a pesar de que no cambian necesariamente los resultados de las decisiones, y sus efectos varían en función de las circunstancias. Como se indica en Langenburg et al. (2009), “Hay fuertes indicios de que algunos especialistas de huellas digitales *pueden* estar influenciados por información contextual. La decisión tomada por un especialista no está necesariamente basada únicamente en los detalles de las crestas al comparar imágenes. Más importante aún, el efecto de parcialidad se observó con mayor frecuencia durante los ensayos de comparación compleja” (pág. 577; cursiva en el original). Estos estudios ilustran algunas de las posibles interferencias de los elementos psicológicos y cognitivos

en la identificación de huellas dactilares. Estos problemas pueden agravarse aún más por la tecnología (ver Dror y Mnookin, 2010) y los procedimientos de trabajo, tal como se especifica en el apartado 15.3.3.

Los cambios en los mecanismos de percepción de bajo nivel, identificados mediante las grabaciones del cerebro como se describe en la sección 15.2.3.3, ilustran que la formación afecta la naturaleza de los mecanismos de procesamiento de información. Del mismo modo en que la calidad de la información adquirida por el sistema visual mejora, la estructura del proceso de toma de decisiones también cambia. Por ejemplo, en la medida en que el examinador comienza a adquirir más experiencia con las imágenes más duras, él o ella puede sentirse más cómodo “determinando” impresiones más difíciles. Esto implica un cambio en los criterios de decisión implícitos como lo es menor cantidad de evidencia si ésta es de mayor calidad, que podría ser suficiente para tomar una determinación. Los modelos de toma de decisiones, como la teoría de detección de señales, verdaderamente apoyan este cambio en los criterios de decisión para equilibrar las ventajas y desventajas entre identificaciones correctas, exclusiones correctas, accidentes, y las identificaciones erróneas. Sin embargo, la sección anterior refuerza la conclusión de que se debe tener cuidado de no cambiar demasiado al momento de que un examinador modifica su criterio de decisión a medida que adquiere experiencia. Es importante que antes de cualquier cambio en los criterios exista un conjunto de procedimientos para obtener retroalimentación precisa de las huellas dactilares conocidas, ya sea en forma de ensayos de aptitud formales o mediante la práctica informal trabajando con una comunidad de examinadores.

15.3.3 Aplicaciones e implicaciones de la investigación cognitiva y los fenómenos del análisis y la comparación de huellas dactilares

Es claro ahora que la cognición juega un papel crítico en la identificación de huellas dactilares. Sin embargo, ha habido relativamente poca atención a las perspectivas cognitivas y psicológicas, y sólo un pequeño número de estudios que se dirigen específicamente al dominio de huellas digitales se han realizado para explorar esta u otras cuestiones relacionadas (por ejemplo, Busey y Vanderkolk, 2005; Schiffer y Champod, 2007; Wertheim et al., 2006; Haber y Haber, 2004; Dror, Schmitz-Williams, y Smith, 2005; Dror y Charlton, 2006; Dror, Charlton, y Péron, 2006; Dror, Stevenage,

y Ashworth, 2008; Langenburg et al., 2009). La necesidad de una investigación sistemática de los problemas cognitivos y psicológicos no se puede exagerar.

15.3.3.1 Selección y filtro. Aunque muchos expertos eran influenciados y poco fiables en sus juicios (Dror y Rosenthal, 2008), algunos expertos parecen haber sido relativamente inmunes a muchas influencias cognitivas y psicológicas. ¿Por qué esos expertos no eran tan susceptibles como los demás? ¿Qué había en esos expertos que los hicieron tan coherentes, confiables y no influenciados? Se debe hacer una investigación más sistemática antes de que pueda determinarse si tenía que ver con su personalidad, estilo cognitivo, formación, cultura de trabajo, u otros factores. Sin embargo, lo que está claro es que, sea lo que sea, es algo bueno que se debería pedir a todos los expertos en huellas dactilares.

Pero, ¿qué es lo que hace a un experto en huellas dactilares? ¿Cuáles son las habilidades cognitivas y aptitudes que se necesitan para llevar a cabo la identificación de huellas dactilares? Como primer paso para profesionalizar y fortalecer aún más la identificación de huellas dactilares, el campo debe detectar y seleccionar a las personas correctas para convertirse en expertos en este ámbito. Para hacer esto, el campo primero tiene que entender las habilidades y estilos cognitivos que subyacen a la capacidad de realizar la identificación de huellas dactilares. Sin embargo, en comparación con otras áreas de experiencia (por ejemplo, los pilotos de la fuerza aérea; ver Dror, Kosslyn, y Waag, 1993), no ha habido investigación alguna para este respecto en el área de las huellas dactilares; así, no existe una evaluación estandarizada y basada en la ciencia para filtrar aspirantes.

Sólo con la investigación sistemática de las habilidades y aptitudes necesarias para la identificación de huellas dactilares puede el campo construir un perfil cognitivo de los expertos en huellas dactilares. Luego, esas habilidades que relativamente son inherentes y no cambian con el entrenamiento se utilizarán para la selección inicial y la filtración (por ejemplo, Dror, 2004). Existe la necesidad de establecer una prueba estandarizada para el filtro de contratación de examinadores de huellas dactilares que se basa en la investigación y la comprensión. La selección adecuada es fundamental para la búsqueda de los mejores candidatos para esta profesión. Invertir en la selección inicial de las personas adecuadas para la profesión no es sólo bueno en términos de costo beneficio, sino que también evitará problemas a largo plazo.



15.3.3.2 Capacitación. La capacitación—si se trata de la formación inicial que implica convertirse en un experto, o el desarrollo profesional continuo a través de los años, mediante talleres y otras oportunidades de capacitación, es un aspecto fundamental en la experiencia de huellas dactilares. La capacitación, en todas sus formas, debe abordar las influencias psicológicas y cognitivas que pueden afectar el desempeño de los expertos en huellas dactilares. Tal capacitación puede ayudar a minimizar los elementos que pueden conducir a malinterpretaciones de apreciación y al error. Sin embargo, este tipo de formación es prácticamente inexistente.

Esta formación esencial implicaría la discusión teórica y ejercicios prácticos sobre cómo evitar el error causado por factores psicológicos y cognitivos. Para dilucidar este tipo de programas de formación haría falta un libro completo en su propio derecho, pero en general, este tipo de formación tendría que entrelazar el conocimiento de la cognición, el desempeño de expertos, y la identificación de huellas dactilares. Junto con la capacitación, la evaluación continua a ciegas del desempeño de los expertos es un aspecto importante que no se aplica actualmente en la mayoría de los lugares. Los examinadores expertos en condiciones no a ciegas, cuando saben que están siendo evaluados, sólo se examina su capacidad teórica encontrar coincidencias en las huellas dactilares. Al igual que los exámenes de conducir no reflejan cómo la gente conduce en realidad en el camino, las pruebas no a ciegas de los expertos no reflejan su desempeño práctico en casos de trabajo.

Elegir a las personas adecuadas para convertirse en expertos en huellas dactilares, entrenarlos adecuadamente, y poner a prueba su rendimiento de manera continua, abordará muchas de las cuestiones planteadas en el presente capítulo, pero sólo a nivel personal e individual. Hacer frente a la complejidad de las influencias cognitivas y psicológicas requiere abordar estas cuestiones, tanto a nivel individual de expertos, como a nivel administrativo de la organización (Dror, 2009a).

15.3.3.3 Procedimientos. Los procedimientos de trabajo correctos son esenciales para minimizar las interferencias psicológicas y cognitivas al decidir si las huellas dactilares coinciden. Estos procedimientos tienen que ser pragmático y adaptarse a las realidades concretas en las que se implementan. Los procedimientos deben tener en cuenta las influencias cognitivas y psicológicas desde la evaluación inicial de la impresión latente a la verificación final.

En la evaluación inicial, por ejemplo, está la cuestión de si esto debe hacerse en forma aislada y no ver ningún deca-dactilar potencial (Dror, 2009a). El examen y la evaluación de la huella latente de por sí permite que los juicios sean independientes; cuando tales exámenes se realizan con el deca-dactilar de acompañamiento, hay una serie de cuestiones problemáticas posibles. El deca-dactilar proporciona un contexto y una motivación que puede cambiar la forma en que la impresión latente se examina y evalúa: puede afectar la asignación selectiva de la atención, cambiar los umbrales y las normas para la valoración de la información, hacer que la percepción de las características que no existen y / o el desecho de características que existen, y muchos otros fenómenos cognitivos y psicológicos inconscientes que se han elaborado a lo largo de este capítulo.

Sin embargo, el examen de una huella latente contra un deca-dactilar de un sospechoso también puede permitir que los examinadores noten ciertos fragmentos de información al dirigir su atención hacia aquellas áreas que requieren una atención especial y posterior procesamiento (Dror, 2009a). Por lo tanto, no existe una solución simple y los problemas son complejos. Una posible solución puede implicar un examen y análisis de la huella latente en el aislamiento inicial, sino también permitir cambios retroactivos después de la comparación de los deca-dactilares. Existe el peligro de que aquí también, ya que esto puede dar lugar a la aceptación de las huellas latentes de baja calidad que no contienen información suficiente, así como todas las demás cuestiones cognitivas y psicológicas que ya se han discutido. Una forma de avanzar puede ser un primer examen de una huella latente de forma aislada, y un análisis de lo que comprenden las características distintivas que son fuertes y no se pueden cambiar, con características más débiles consideradas cuando se examinen posteriormente los deca-dactilares (ver detalles en Dror, 2009a). Este es sólo un ejemplo de los cambios de procedimiento que podrían abordar las influencias cognitivas y psicológicas.

Este tipo de problemas continúan a lo largo de todo el procedimiento de identificación de huellas digitales (incluida la exclusión), todo el proceso hasta los procedimientos de verificación final. Muchas verificaciones ya existentes son tal vez no más de que un sello de goma. El mismo hecho de que las identificaciones serán verificadas (comúnmente por más de un verificador) da lugar a toda una gama de problemas, desde difusión de responsabilidad (Darley y Latané, 1968) a conformidad, atención, profecías de auto

satisfacción, y pensamiento anhelante. La garantía de calidad puede requerir que las exclusiones similares se pongan juntas con las verificaciones de manejo de casos reales, para mantener a los verificadores alerta y garantizar el aseguramiento de la calidad. Estos asuntos y desarrollo de procedimientos basados en la ciencia requieren una mayor investigación.

15.3.3.4 Tecnología. La introducción y el desarrollo de las tecnologías han tenido un profundo impacto en la identificación de huellas dactilares. Estas tecnologías ofrecen grandes capacidades y oportunidades, y con esfuerzos en la identificación biométrica, el campo puede esperar que nuevas tecnologías continúen y emerjan en el futuro. Muchas veces, la sobreestimación y la promesa de la tecnología, y la subestimación de la mente humana y los expertos humanos, conducen a una falsa expectativa de que las máquinas y la tecnología se harán cargo de la actuación humana (Dascal y Dror, 2005). Tan poderosas como lo son estas tecnologías son y serán en el futuro previsible, no van a sustituir a los examinadores de huellas latentes. Lo importante es usar estas nuevas tecnologías y aprovecharlas para mejorar la identificación de huellas dactilares. Para lograr esto, las tecnologías deben integrarse adecuadamente con los expertos humanos. Esto significa el diseño y la integración de la tecnología para trabajar con los expertos y para complementar su trabajo (Dror, 2005b, 2006; Dror y Mnookin, 2010).

Aunque estas tecnologías no reemplazarán a los expertos humanos, van a tener un gran impacto en la identificación de huellas dactilares (Davis y Hufnagel, 2007). En cuanto a algunos de los problemas cognitivos y psicológicos discutidos en este capítulo, algunos problemas se eliminarán con los avances tecnológicos, pero otros problemas no se verán afectados. De hecho, algunos problemas se agravarán y nuevos problemas incluso pueden surgir (Dror y Mnookin, 2010). Por ejemplo, el sistema de identificación de impresiones dactilares (AFIS) da lugar a bases de datos gigantes que contienen números cada vez mayores de huellas dactilares. Con este tipo de bases de datos grandes, la similitud relativa de huellas dactilares encontradas por pura coincidencia se incrementará. Con una mayor similitud e impresiones de aspecto similar, la dificultad de juego aumentará. Con una mayor dificultad en el proceso bottom-up de coincidencias de huellas, más serán las oportunidades y la vulnerabilidad creada para los componentes contextuales y de motivación de top-down para distorsion-

ar e interferir con el proceso de correspondencia (ver Dror et al., 2005; Dror y Mnookin, 2010).

Los avances tecnológicos en el campo de las huellas digitales no se limitan a AFIS. Por ejemplo, la tecnología ofrece “mejoras de imagen” (como las transformaciones de color y 3-D). Tales mejoras pueden ofrecer claridad y precisión mejoradas, pero al mismo tiempo se presentan grandes oportunidades para fortalecer y permitir distorsiones cognitivas y psicológicas. Al igual que antes, no hay soluciones simples, y las cuestiones y los problemas son complejos. La tecnología es un aliado importante para expertos en huellas dactilares, pero debe ser diseñado, desarrollado, utilizado, e integrado de una manera que mejore la identificación de huellas dactilares (Dror, 2005b; Dror y Mnookin, 2010).

15.4 Resumen y conclusiones

La naturaleza dinámica y activa del procesamiento humano de información nos permite convertirnos en expertos, pero también nos hace distorsionar los datos entrantes y tomar decisiones erróneas. Esta vulnerabilidad no se limita a los expertos en huellas dactilares y se aplican igualmente a otros campos. Sin embargo, la importancia de las pruebas de huellas dactilares de ser confiable e imparcial requiere que se aborden esas posibles debilidades. Para lograr esto, la investigación sistemática debe llevarse a cabo para examinar los elementos cognitivos y psicológicos implicados en la identificación de huellas dactilares.

15.5 Referencias

- Ahissar, M.; Hochstein, S. Task Difficulty and the Specificity of Perceptual Learning. *Nature* 1997, 387, 401–406.
- Anderson, J. R.; Schooler, L. J. Reflections of the Environment in Memory. *Psychol. Sci.* 1991, 2, 396–408.
- Ashworth, A. R. S.; Dror, I. E. Object Identification as a Function of Discriminability and Learning Presentations: The Effect of Stimulus Similarity and Canonical Frame Alignment on Aircraft Identification. *J. Exp. Psychol.: Applied* 2000, 6 (2), 148–157.
- Baker, C.; Behrmann, M.; Olson, C.R. Impact of Learning on Representation of Parts and Wholes in Monkey Inferotemporal Cortex. *Nature Neurosci.* 2002, 5, 1210–1216.



- Balcetis, E.; Dunning, D. See What You Want to See: Motivational Influences on Visual Perception. *J. Pers. and Soc. Psychol.* 2006, 91, 612–625.
- Barlow, H. Conditions for Versatile Learning, Helmholtz's Unconscious Inference, and Task of Perception. *Vision Res.* 1990, 30, 1561–1571.
- Baumeister, R. F.; Newman, L. S. Self-Regulation of Cognitive Inference and Decision Processes. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 1994, 20, 3–19.
- Blaha, L. M.; Townsend, J. T. Parts to Wholes: Configural Learning Fundamentally Changes the Visual Information Processing System [Abstract]. *J. Vision* 2006, 6 (6), 675a.
- Burns, B.; Shepp, B. E. Dimensional Interactions and the Structure of Psychological Space: The Representation of Hue, Saturation and Brightness. *Percept. Psychophys.* 1988, 43, 494–507.
- Busey, T. Physical and Psychological Representations of Faces: Evidence From Morphing. *Psychol. Sci.* 1998, 9, 476–482.
- Busey, T. A.; Tunnichiff, J. Accounts of Blending, Typicality and Distinctiveness in Face Recognition. *J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognition* 1999, 25, 1210–1235.
- Busey, T. A.; Vanderkolk, J. R. Behavioral and Electrophysiological Evidence for Configural Processing in Fingerprint Experts. *Vision Res.* 2005, 45, 431–448.
- Byrne, A.; Eysenck, M. W. Individual Differences in Positive and Negative Interpretive Biases. *Pers. and Individ. Diff.* 1993, 14, 849–851.
- Charlton, D.; Fraser-Mackenzie, P.; Dror, I. E. Emotional Experiences and Motivating Factors Associated With Fingerprint Analysis. *J. Forensic Sci.*, in press, 55 (3).
- Changizi, M. A.; Hall, W. G. Thirst Modulates a Perception. *Percept.* 2001, 30, 1489–1497.
- Czerwinski, M.; Lightfoot, N.; Shiffrin, R. M. Automatization and Training in Visual Search. *Am. J. Psychol.* 1992, 105 (22), 271–315.
- Darley, J. M.; Latané, B. Bystander Intervention in Emergency: Diffusion of Responsibilities. *J. Pers. Soc. Psychol.* 1968, 10, 202–214.
- Dascal, M.; Dror, I. E. The Impact of Cognitive Technologies: Towards a Pragmatic Approach. *Pragmatics and Cognition* 2005, 13 (3), 451–457.
- Davis, C. J.; Hufnagel, E. M. Through the Eyes of Experts: A Sociocognitive Perspective on the Automation of Fingerprint Work. *MIS Quarterly* 2007, 31 (4), 681–703.
- Dosher, B.; Lu, Z.-L. Perceptual Learning in Clear Displays Optimizes Perceptual Expertise: Learning the Limiting Process. *PNAS* 2005, 102 (14), 5286–5290.
- Dror, I. E. The Effects of Screening, Training, and Experience of Air Force Fighter Pilots: The Plasticity of the Ability to Extrapolate and Track Multiple Objects in Motion. *North Am. J. Psychol.* 2004, 6 (2), 239–252.
- Dror, I. E. Perception Is Far From Perfection: The Role of the Brain and Mind in Constructing Realities. *Brain Behav. Sci.* 2005a, 28 (6), 763.
- Dror, I. E. Technology and Human Expertise: Some Do's and Don'ts. *Biometric Tech. Today* 2005b, 13 (9), 7–9.
- Dror, I. E. Cognitive Science Serving Security: Assuring Useable and Efficient Biometric and Technological Solutions. *Aviation Secur. Int.* 2006, 12 (3), 21–28.
- Dror, I. E. Biased Brains. *Police Rev.* 2008, 116, 20–23.
- Dror, I. E. How Can Francis Bacon Help Forensic Science? The Four Idols of Human Biases. *Jurimetrics* 2009a, 50, 93–110.
- Dror, I. E. On Proper Research and Understanding of the Interplay Between Bias and Decision Outcomes. *Forensic Sci. Int.* 2009b, 191, 17–18.
- Dror, I. E. Paradoxical Functional Degradation in Human Expertise. In *The Paradoxical Brain*; Kapur, N., Pascual-Leone, A., Ramachandran, V. S., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, U.K., in press.
- Dror, I. E.; Busemeyer, J. R.; Basola, B. Decision Making Under Time Pressure: An Independent Test of Sequential Sampling Models. *Memory and Cognition* 1999, 27 (4), 713–725.
- Dror, I. E.; Charlton, D. Why Experts Make Errors. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (4), 600–616.

- Dror, I. E.; Charlton, D.; Péron, A. E. Contextual Information Renders Experts Vulnerable to Making Erroneous Identifications. *Forensic Sci. Int.* 2006, 156 (1), 74–78.
- Dror, I. E.; Fraser-Mackenzie, P. Cognitive Biases in Human Perception, Judgment, and Decision Making: Bridging Theory and the Real World. In *Criminal Investigative Failures*; Rossmo, K., Ed.; Taylor and Francis Publishing, 2008; pág. 53–67.
- Dror, I. E.; Kosslyn, S. M.; Waag, W. Visual-Spatial Abilities of Pilots. *J. Appl. Psychol.* 1993, 78 (5), 763–773.
- Dror, I. E.; Mnookin, J. L. The Use of Technology in Human Expert Domains: Challenges and Risks Arising From the Use of Automated Fingerprint Identification Systems in Forensics. *Law Probabil. Risk* 2010, 9 (1), 47–67.
- Dror, I. E.; Péron, A.; Hind, S.; Charlton, D. When Emotions Get the Better of Us: The Effect of Contextual Top-Down Processing on Matching Fingerprints. *Appl. Cognitive Psychol.* 2005, 19 (6), 799–809.
- Dror, I. E.; Rosenthal, R. Meta-Analytically Quantifying the Reliability and Biasability of Fingerprint Experts' Decision Making. *J. Forensic Sci.* 2008, 53 (4), 900–903.
- Dror, I. E.; Schmitz-Williams, I. C.; Smith, W. Older Adults Use Mental Representations That Reduce Cognitive Load: Mental Rotation Utilises Holistic Representations and Processing. *Exp. Aging Res.* 2005, 31 (4), 409–420.
- Dror, I. E.; Stevenage, S.; Ashworth, A. Helping the Cognitive System Learn: Exaggerating Distinctiveness and Uniqueness. *Appl. Cognitive Psychol.* 2008, 22 (4), 573–585.
- Fahle, M.; Edelman, S. Long-Term Learning in Vernier Acuity: Effects of Stimulus Orientation, Range and of Feedback. *Vision Res.* 1993, 33, 397–412.
- Fiser, J.; Aslin, R. N. Unsupervised Statistical Learning of Higher-Order Spatial Structures from Visual Scenes. *Psychol. Sci.* 2001, 12 (6), 499–504.
- Fusi, S.; Drew, P.; Abbott, L. Cascade Models of Synaptically Stored Memories. *Neuron* 2005, 45, 599–611.
- Garner, W. R. Interaction of Stimulus Dimensions in Concept and Choice Processes. *Cognitive Psychol.* 1976, 8, 98–123.
- Gauthier, I.; Williams, P.; Tarr, M.; Tanaka, J. Training 'Greeble' Experts: A Framework for Studying Expert Object Recognition Processes. *Vision Res.* 1998, 38, 2401–2428.
- Gold, J.; Bennett, P. J.; Sekuler, A. B. Signal but Not Noise Changes With Perceptual Learning. *Nature* 1999, 402.
- Goldstone, R. L. Isolated and Interrelated Concepts. *Memory and Cognition* 1996, 24, 608–628.
- Goldstone, R. L. Similarity. In *MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*; Wilson, R. A., Keil, F. C., Eds.; MIT Press: Cambridge, MA, 1999; pág. 763–765.
- Goldstone, R. L. Unitization During Category Learning. *J. Exp. Psychol.: General* 2000, 123, 178–200.
- Goldstone, R. L.; Steyvers, M. The Sensitization and Differentiation of Dimensions During Category Learning. *J. Exp. Psychol.: General* 2001, 130, 116–139.
- Greenwald, A. G. New Look 3: Unconscious Cognition Reclaimed. *Am. Psychol.* 1992, 47, 766–779.
- Haber, L.; Haber, N. H. Error Rates for Human Latent Fingerprint Examiners. In *Advances in Automatic Fingerprint Recognition*; Ratha, N., Bolle, R., Eds.; Springer-Verlag: New York, 2004; pág. 337–358.
- Halberstadt, J. B.; Niedenthal, P. M.; Kushner, J. Resolution of Lexical Ambiguity by Emotional State. *Psychol. Sci.* 1995, 6, 278–282.
- Hall, L. J.; Player, E. Will the Instruction of an Emotional Context Affect Fingerprint Analysis and Decision Making? *Forensic Sci. Int.* 2008, 181, 36–39.
- Humphreys, G. W.; Riddoch, M. J.; Price, C. J. Top-Down Processes in Object Identification: Evidence From Experimental Psychology, Neuropsychology, and Functional Anatomy. *Philos. Trans. Royal Soc. London* 1997, 352, 1275–1282.
- Kanizsa, G. Subjective Contours. *Sci. Am.* 1976, 234, 48–52.
- Kepecs, A.; Wang, X.; Lisman, J. Bursting Neurons Signal Input Slope. *J. Neurosci.* 2002, 22, 9053–9062.
- Kosslyn, S. M.; Koenig, O. *Wet Mind*; Free Press: New York, 1992.



- Kunda, Z. The Case for Motivated Reasoning. *Psychol. Bull.* 1990, 108, 480–498.
- Lang, P. J.; Bradley, M. M.; Cuthbert, B. N. *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings*. University of Florida, The Center for Research in Psychophysiology: Gainesville, FL, 1995.
- Langenburg, G.; Champod, C.; Wertheim, P. Testing for Potential Contextual Bias Effects During the Verification Stage of the ACE-V Methodology When Conducting Fingerprint Comparisons. *J. Forensic Sci.* 2009, 54 (3), 571–582.
- Leventhal, A. G.; Hirsch, H. V. Effects of Early Experience Upon Orientation Sensitivity and Binocularity of Neurons in Visual Cortex of Cats. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1977, 74, 1272–1276.
- Lu, Z.-L.; Doshier, B. A. Perceptual Learning Retunes the Perceptual Template in Foveal Orientation Identification. *J. Vision* 2004, 4, 44–56.
- Maddox, T.; Ing, D. Delayed Feedback Disrupts the Procedural-Learning System but Not the Hypothesis-Testing System in Perceptual Category Learning. *J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognition* 2005, 31 (1), 100–107.
- Marr, D. *Vision*. Freeman Press: San Francisco, 1982.
- Müller-Lyer, F. C. *Arch. Anat. Physiol.* (Physiol. Abt.) 2, 1889, 263–270.
- Newell, A.; Rosenbloom, P. Mechanisms of Skill Acquisition and the Law of Practice. In *Learning and Cognition*; Anderson, J. R., Ed.; Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1981.
- Niedenthal, P. M.; Halberstadt, J. B.; Margolin, J.; Innes-Ker, A. H. Emotional State and the Detection of Change in Facial Expression of Emotion. *Eur. J. Soc. Psychol.* 2000, 30, 211–222.
- O'Toole, A. J.; Wenger, M. J.; Townsend, J. T. Quantitative Models of Perceiving and Remembering Faces: Precedent and Possibilities. In *Computational, Geometric and Process Issues in Facial Cognition: Progress and Challenges*; Wenger, M. J., Townsend, J. T., Eds.; Erlbaum: Hillsdale, NJ, 2001; p 50.
- Restle, F.; Decker, J. Size of the Mueller-Lyer Illusion as a Function of Its Dimensions: Theory and Data. *Percept. Psychophys.* 1977, 21, 489–503.
- Schiffer, B.; Champod, C. The Potential (Negative) Influence of Observational Biases at the Analysis Stage of Fingerprint Individualisation. *Forensic Sci. Int.* 2007, 167, 116–120.
- Schyns, P. G.; Rodet, L. Categorization Creates Functional Features. *J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognition* 1997, 23, 681–696.
- Shepard, R. N. Psychophysical Complementarity. In *Perceptual Organization*; Kubovy, M., Pomerantz, J. R., Eds.; Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1981; pág. 279–341.
- Shiffrin, R. M.; Lightfoot, N. Perceptual Learning of Alphanumeric like Characters. In *The Psychology of Learning and Motivation*; Goldstone, R. L., Schyns, P. G., Medin, D. L., Eds.; Academic Press: San Diego, 1997; Vol. 36, pág. 45–82.
- Smith, W.; Dror, I. E. The Role of Meaning and Familiarity in Mental Transformations. *Psychonomic Bull. Rev.* 2001, 8, 732–741.
- Snyder, M.; Tanke, E. D.; Bersheid, E. Social Perception and Interpersonal Behavior: On the Self-Fulfilling Nature of Social Stereotypes. *J. Pers. Soc. Psychol.* 1977, 35, 656–666.
- Sperling, G. The Information Available in Brief Visual Presentations. *Psychol. Monogr.* 1960, 74, 1–29.
- Steyvers, M.; Busey, T. Predicting Similarity Ratings to Faces Using Physical Descriptions. In *Computational, Geometric, and Process Perspectives on Facial Cognition*; Wenger, M. J., Townsend, J. T., Eds.; Erlbaum: Hillsdale, NJ, 2001.
- Treisman, A.; Gelade, G. A Feature-Integration Theory of Attention. *Cognitive Psychol.* 1980, 12, 97–136.
- Turk-Browne, N.; Jungé, J.; Scholl, B. The Automaticity of Visual Statistical Learning. *J. Exp. Psychol.: General* 2005, 134 (4), 552–564.
- Valentine, T. A Unified Account of the Effects of Distinctiveness, Inversion, and Race in Face Recognition. *J. Exp. Psychol.* 1991, 43A, 161–204.
- Wenger, M. J.; Rasche, C. Perceptual Learning in Contrast Detection: Presence and Costs of Shifts in Response Criteria. *Psychonomic Bull. Rev.* 2006, 13 (4), 656–661.



Wertheim, K.; Langenburg, G.; Moenssens, A. A Report of Latent Print Examiner Accuracy During Comparison Training Exercises. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (1), 55–93.

Zhang, L.; Cottrell, G. W. When Holistic Processing Is Not Enough: Local Features Save the Day. In *Proceedings of the 26th Annual Cognitive Science Conference*, Chicago, IL, 2004.



APENDICE A: BIOGRAFÍA DEL AUTOR Y DEL REVISOR

Jeffery G. Barnes

Jeffery G. Barnes cuenta con un título doble del Virginia Wesleyan College; concluyó la licenciatura en química y filosofía. Completó estudios de posgrado en la Universidad estatal de Virginia y en el Polytechnic Institute recibiendo una maestría en ciencias en química. Trabajó durante aproximadamente cinco años con el departamento de policía de Virginia Beach como técnico de servicios forense, donde obtuvo varios premios por su destacada labor. Ha estado con la Oficina Federal de Investigaciones (FBI) durante casi seis años y ha ganado cuatro premios en el terreno por un excelente desempeño de sus funciones. Como examinador forense científico físico con la unidad de operaciones de impresión latente del laboratorio del FBI, enseña y continúa investigando la historia de la ciencia de huellas dactilares.

Autor del capítulo 1 - Historia. Capítulos revisados: 2, Anatomía y Fisiología de las crestas de fricción en Adultos; 3, Embriología, fisiología y morfología

Debbie Benningfield

Debbie Benningfield se retiró de la sección del laboratorio de impresiones latentes del Departamento de Policía de Houston, en donde se desempeñó por casi 31 años. Sus tareas incluían el trabajo con impresiones decadactilares, y fungió como gerente de sistemas automatizados de identificación dactiloscópica y administrador adjunto. Actualmente trabaja como instructora en Ron Smith and Associates, Inc. Es examinadora de huellas latentes certificada. En 2003, fue nombrada miembro del Grupo de trabajo científico de análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción, y en 2004 fue nombrada miembro de la Junta de Certificación de Impresiones Latentes de la Asociación Internacional de Identificación (IAI). En enero de 2006, el gobernador de Texas, la nombró oficial a cargo de la recién creada Comisión de Ciencia Forense de Texas. En junio de 2006, la Sra. Benningfield fue elegida presidente de la División de la IAI en Texas.

Capítulos revisados: 1, Historia; 9, Proceso de Examinación

Herman Bergman

Herman Bergman comenzó su carrera en 1995 en la sección de impresión decalectilar del Servicio de Inteligencia Criminal Holandés (CRI). Recibió educación interna, así como formación sobre la historia de la huella digital, biología, clasificación y sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares. Se trasladó a la sección de huellas dactilares latentes en 1999 y recibió entrenamiento adicional en el desarrollo de técnicas, comparación de la impresión palmar, metodología y procesamiento de AFIS. Se certificó como examinador de huellas latentes en el Instituto de Formación para la Investigación y el Control de la Delincuencia en los Países Bajos. Es miembro del Ridgeology Working Team (cuyo propósito es evaluar la conveniencia de adoptar un sistema no numérico en los Países Bajos), y ha participado en el desarrollo de un plan de estudios para los examinadores de huellas latentes que buscan la certificación en la Academia de Policía. También fue instructor visitante en el programa de certificación en el Instituto de Formación para la Investigación y el Control de la Delincuencia. Es miembro de la Asociación Internacional para la identificación y el Grupo de Trabajo Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción.

Capítulos revisados: 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 8, Preservación de la Información de las crestas de fricción; 9, Proceso de Examinación.

Steve Bleay

Steve Bleay obtuvo la licenciatura en ciencias, específicamente sobre la ciencia de los materiales, por parte de la Universidad de Bath, en 1988. Permaneció en la Universidad de Bath para llevar a cabo una investigación de postgrado sobre la microscopía de electrones de materiales compuestos hasta 1993. Fue galardonado con un doctorado en filosofía en 1991. Se unió a la Agencia de Investigación de Defensa (más tarde QinetiQ) en 1993 y pasó 10 años trabajando en el desarrollo de materiales de invisibles para el radar, así como realizando una investigación sobre sistemas novedosos de producción de fibra. Se unió a la Oficina interna de desarrollo científico (*Home*

Office Scientific Development Branch) en mayo de 2003 y ha estado trabajando en nuevas técnicas de deposición de metal de vacío, recuperación de las huellas dactilares de escenas de incendios provocados, desarrollo y producción de la estación de trabajo IRIS e imágenes digitales.

Co-autor del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes.

Patti Blume

Patti Blume cuenta con más de 28 años de experiencia trabajando para la Oficina del Sheriff del condado de Orange (California). Actualmente, es especialista forense senior, asignada a la unidad del sistema automatizado de identificación de huellas dactilares (AFIS) como administradora del sistema. Anteriormente, trabajó en la Oficina de Identificación del Sheriff y fue asignada a proyectos especiales al mismo tiempo que realizaba investigaciones de escenas del crimen, exámenes de la evidencia de impresión, comparaciones de huellas latentes y procesamiento de pruebas. Sus proyectos especiales han incluido ser un coordinadora de proyecto para la acreditación por parte de la Sociedad Americana de directores de laboratorios criminales / Junta de acreditación de Laboratorios, y actualmente se encarga de coordinar la acreditación para el sistema AFIS de su dependencia. Ha sido instructora ordinaria para el Departamento de Justicia de California / Instituto de Formación Criminalística de California, enseñando técnicas de comparación de huellas latentes y huellas latentes. Actualmente, es miembro del consejo editorial de la *Revista de Identificación Forense* y ha participado en el Proyecto de Permanencia del FBI sobre la persistencia de detalles de las crestas. Ella tiene un título de analista en ciencias de tecnología de pruebas y una licenciatura en ciencias de la administración pública; pertenece a varias organizaciones profesionales forenses.

Capítulos revisados: 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción en adultos; 3, Embriología, fisiología y morfología; 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS); 9, Proceso de Examinación; 12, Aseguramiento de la Calidad



Donna Brandelli

Donna Brandelli tiene una licenciatura en ciencias de justicia criminal por parte de la Universidad Estatal de California y una maestría en ciencias sobre la ciencia forense de la Universidad Nacional. Ella está terminando su doctorado en filosofía del comportamiento humano con un enfoque en la justicia penal mediante la Universidad de Capella. Recibió el Premio William C. Battless por los Logros en Justicia Penal y fue presidenta de la división local de la Sociedad Honoraria de Justicia Penal Alpha Phi Sigma. Es miembro de la Academia Americana de Ciencias Forenses, la Academia de Ciencias de Justicia Penal y la Asociación Internacional para la identificación; es miembro del consejo editorial de la *Revista de identificación forense*. Ella ha declarado como testigo experto en las áreas de comparación de huellas dactilares, procesos químicos y escena del crimen. Creó y presentó una clase de entrenamiento sobre la preservación de la escena del crimen que estaba dirigida a personal de primer respondiente, que ha sido presentado a dependencias municipales, del condado y federales en todo el país. Donna Brandelli es investigador asociado con el FBI en relación con la permanencia de la piel de crestas de fricción. Como miembro adjunto de la facultad, ella ha dado clases de Introducción a las Ciencias Forenses, Introducción a la Criminología, e Introducción a la Vigilancia y Temas Contemporáneos en Aplicación de la Ley en la Universidad de Phoenix, así como en la Universidad Americana Intercontinental.

Capítulo revisado: 13, Las huellas dactilares y la Ley

Mary Ann Brandon

La criminalista Mary Ann Brandon, es examinadora certificada de huellas latentes. Ha estado involucrada en la ciencia de las crestas de fricción con el Departamento de Policía de Portland (Oregon), durante más de 29 años. Junto con otros dos examinadores, investigó y publicó *Primates "clonados" y la posibilidad de huellas digitales idénticas*. Inició el Estudio TwinPrint en el 2000, con el patrocinio del Departamento de Policía de Portland y la Asociación Internacional para la identificación. Dio clases de Ciencia Forense e Investigación Criminal en el Portland Community College durante ocho años, y recientemente obtuvo su certificación como investigador médico-legal de muertes, en Oregon. Ha trabajado en el Grupo de Trabajo

Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción durante 10 años.

Capítulos revisados: 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción en Adultos; 3, Embriología, fisiología y morfología.

Thomas Busey

Thomas Busey recibió su Licenciatura en Artes de la Universidad de Cornell en 1988 y su doctorado en filosofía en la psicología cognitiva por parte de la Universidad de Washington en 1994. Ha estado en la facultad de la Universidad de Indiana en el Departamento de Ciencias Psicológicas y Cerebrales desde 1994. En la actualidad es financiado por el Instituto Nacional de Justicia para identificar la naturaleza de la experiencia humana en los examinadores de huellas latentes con el objetivo de mejorar la comprensión de los análisis cuantitativos de las huellas dactilares.

Coautor del capítulo 15 - Habilidades especiales y vulnerabilidades en Investigaciones Forenses.

Leonard G. Butt

Leonard G. Butt actualmente trabaja como científico forense con la Policía del Estado de Maryland, en la división de ciencias forenses. Anteriormente, trabajó como especialista de huellas digitales para la Administración de Control de Drogas. Se retiró del Condado de Baltimore, del departamento de policía de Maryland. Sus tareas ahí incluían ser técnico de la escena del crimen, examinador de huellas latentes, supervisor de la unidad de identificación y director provisional del laboratorio criminal. Trabajó en el Comité Ejecutivo del Grupo de Trabajo de usuarios Printrak IAFIS y representó a la Asociación Internacional para la identificación en el Grupo de Trabajo IAFIS del FBI. El señor Butt es un examinador certificado de huellas latentes y un egresado de la Academia Nacional del FBI. Él es el actual presidente del Grupo de Trabajo Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción.

Capítulos revisados: 9, Proceso de Examinación; 10, Documentación de las impresiones de crestas de fricción: de la escena a la conclusión; 14, Investigación científica en la disciplina forense de individualización de crestas de fricción.

Mike Campbell

El capitán de policía Mike Campbell (retirado) es un veterano de 28 años, del Departamento de Policía de la Ciudad de Milwaukee, trabajó como oficial al mando de su división de identificación. Al retirarse, tomó un puesto de coordinador de capacitación en Ron Smith and Associates, Inc., que es una compañía de consultoría y entrenamiento forense con sede en Collinsville, Mississippi. Tuvo más de 20 años de experiencia como especialista de escena del crimen y de identificación de huellas digitales con el departamento. Fue el responsable de la operación diaria de la unidad de respuesta de la escena del crimen; toda la evidencia en fotografía e imágenes digitales de los sistemas; procuración y operación de los registros en todo el departamento, AFIS, y sistemas de antecedentes penales. Ha impartido más de 250 cursos y conferencias en numerosas ocasiones sobre estas cuestiones a varios miles de estudiantes en 25 estados y Canadá durante los últimos 15 años. Es miembro del Grupo de Trabajo Científico del análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción, y es miembro de la Asociación Internacional de Jefes del Comité de Policía Forense y de la Junta Directiva de la Asociación Internacional de Identificación (IAI). El Sr. Campbell es expresidente de la Asociación de desarrollo ejecutivo de la policía de Wisconsin, así como de la IAI, división Wisconsin. También cuenta con membresías activas en la Sociedad Canadiense de Identificación y de la Asociación de Científicos Forenses del Medio Oeste.

Capítulos revisados: 1, Historia; 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivientes y postmortem; 5, Sistemas de clasificación de las crestas de fricción; 9, Proceso de Examinación.

Antonio A. Cantu

Los intereses de Antonio Cantú incluyen la química de los documentos y la química de las huellas dactilares. Recibió su título de doctor en filosofía en física química por parte de la Universidad de Texas en Austin, Texas. Inició su carrera en el gobierno en 1972 en lo que hoy es el Instituto Nacional de Justicia. Un año más tarde se unió a la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego. Luego se integró a la Oficina Federal de Investigaciones en 1983. En 1985, el Dr.

Cantú se incorporó al Servicio Secreto de Estados Unidos y dedicó sus primeros ocho años en el área de la seguridad técnica. Durante los siguientes tres años, desarrolló métodos científicos para determinar la fuente de la falsificación de dinero. Después de eso, trabajó con la División de Servicios Forenses, convirtiéndose en el científico principal. Se retiró del Servicio Secreto de Estados Unidos en abril de 2007. Ha publicado numerosos artículos, sobre todo en relación con el análisis de la tinta y el desarrollo de productos químicos de impresión latente. En 1980, recibió premio al científico forense del Año, de la Asociación del Atlántico Medio de científicos forenses, y en 2002, recibió el muy codiciado premio Paul Kirk L. de la Academia Americana de Ciencias Forenses.

Autor del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes

Christophe Champod

Christophe Champod obtuvo su maestría en ciencias y grado de doctor en filosofía (summa cum laude) en la ciencia forense de la Universidad de Lausana en 1990 y 1995, respectivamente. Permaneció en la academia hasta alcanzar la posición de profesor asistente en la ciencia forense. De 1999 a 2003, dirigió la interpretación del Grupo de Investigación del Servicio de Ciencias Forenses (Reino Unido), antes de tomar un puesto de profesor en la Escuela de Ciencias Penales (ESC) / Instituto de Ciencias Forenses (IPS) de la Universidad de Lausana. El Sr. Champod es co-autor del libro *Huellas dactilares y otras impresiones de la piel con crestas* (CRC Press, 2004). Él está a cargo de la educación y la investigación sobre los métodos de identificación (de detección e identificación). Es miembro de la Asociación Internacional para la identificación y del Grupo de Trabajo Científico para el análisis, estudio y tecnología de la piel de crestas de fricción. Su investigación se dedica a la evaluación estadística de las técnicas de identificación forense. El valor de las pruebas de huellas dactilares es el centro de sus intereses.

Capítulos revisados: 1, Historia; 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS); 7, Desarrollo de impresiones latentes; 14, Investigación científica en la disciplina forense de individualización de huellas dactilares.



Sue Mancini Coppejans

Sue Mancini Coppejans ha trabajado en el campo de la ciencia forense con el Departamento de Ciencias Forenses Alabama desde junio de 1992. Ella es examinadora certificada de huellas dactilares latentes. Tiene una licenciatura en ciencias, por parte de la Universidad del Sur de Alabama. Ella trabajó en la Junta de Certificación de la Asociación Internacional para la identificación de huellas dactilares latentes entre 1999 y 2003. Se ha desempeñado como miembro del Grupo de Trabajo Científico para el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción durante los últimos cuatro años. Ha impartido numerosas clases y dado conferencias sobre el tema de las huellas dactilares en reuniones internacionales y locales.

Capítulos revisados: 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 7, Desarrollo de impresiones latentes.

Christine L. Craig

Christine Craig es un analista de la escena del crimen y examinadora de huellas de calzado y marcas de neumáticos de la Oficina del Sheriff del Condado de Seminole en Sanford, Florida. Es miembro de la Asociación Internacional para la Identificación y es examinadora certificada de calzado, así como analista de la escena del crimen certificada. Ella es también líder del equipo regional de la sección de huellas digitales del Sistema de Respuesta de Emergencia de Operaciones Mortuorias de Florida. La Sra. Craig tiene una maestría en ciencias biológicas, por parte de la Universidad Commonwealth de Virginia y en la actualidad está en proceso de obtener un título de doctor en filosofía de la ecología por parte de la Universidad de Florida.

Capítulos revisados: 1, Historia; 7, Desarrollo de impresiones latentes

Brent T. Cutro, Sr.

Brent Cutro, actualmente está empleado por la Policía Estatal de Illinois, en el Comando de Ciencias Forenses; comenzó su carrera en las ciencias forenses en 1981 luego de recibir una licenciatura en ciencias biológicas por parte del George Williams College. Ha ocupado diversos cargos relacionados con la ciencia de la exploración de huellas

latentes. Algunos de estos puestos incluyen coordinador de aseguramiento de calidad de la sección de impresiones latentes, miembro del comité consultivo de la sección de impresiones latentes, miembro del comité asesor para la investigación y supervisor de sección. Además, trabajó en el primer comité AFIS de Illinois en su año inaugural. Es miembro de la Asociación Internacional para la Identificación y la Asociación del Medio Oeste de Científicos Forenses y es miembro de la Sociedad de la huella digital. Ha participado en varios proyectos de investigación, sobre todo en uno titulado "Un pigmento fluorescente no carcinógeno y soluble al agua como alternativa para la Rodamina 6G", que fue presentado en el Simposio Internacional Forense del FBI sobre huellas latentes, celebrado en Quantico, Virginia. Además de sus deberes como examinador de impresiones latentes para la Policía del Estado de Illinois, el Sr. Cutro ha enseñado muchos cursos, talleres y clases sobre impresiones latentes. Él continúa dando conferencias para varios colegios y universidades, y actualmente es instructor en North East Multi-Regional Training, Inc., una organización capacitación policial de Illinois.

Autor del capítulo 4 – Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem.

Capítulos revisados: 2, Anatomía y fisiología de la piel de crestas de fricción en adultos; 3, Embriología, fisiología y morfología; 9, Proceso de Examinación; 10, Documentación de impresiones de crestas de fricción: de la escena a la Conclusión

Itiel E. Dror

El Dr. Itiel Dror tiene experiencia y un historial probado en la investigación científica, así como en la mejora del rendimiento humano en los campos de experiencia aplicada. Él tiene un doctorado por parte de la Universidad de Harvard en Psicología y Ciencia Cognitiva, y ha publicado más de 75 artículos científicos. El Dr. Dror ha impartido talleres de capacitación y consultoría a médicos, cirujanos, policías de primera línea, pilotos de militares de combate, ejecutivos financieros, médicos forenses y expertos en otros campos, todo ello encaminado a mejorar la toma de decisiones y el rendimiento. El Dr. Dror ha trabajado con una variedad de organismos gubernamentales (como la Fuerza Aérea, el Ejército del Reino Unido y el Ministerio de Defensa, servicios de identidad y pasaporte del Reino

Unido y las fuerzas de policía en los Estados Unidos, el Reino Unido, los Países Bajos e Israel). Su trabajo se centra en la percepción, el juicio y la toma de decisiones, y en cómo la experiencia, la capacitación y la tecnología pueden mejorar el rendimiento en el trabajo. El Dr. Dror divide su tiempo entre la academia, el University College de Londres (UCL), la investigación aplicada y la consultoría, en *Cognitive Consultants Internacional* (CCI).

Para más información visite: www.cci-hq.com.

Coautor del capítulo 15 - Habilidades especiales y vulnerabilidades en Investigaciones Forenses

Jeri Eaton

Jeri Eaton trabajó para el Departamento del Sheriff del Condado de King durante 20 años y fue supervisora de la unidad de huellas dactilares latentes. Antes de King County, trabajó para la División de Investigación Criminal de Iowa como un examinadora latente, investigadora de la escena del crimen y fotografa forense. Ella preside la Junta de certificación impresiones latentes de la Región del Pacífico Noroeste y es miembro de la Asociación Internacional para la Identificación (IAI), Junta de certificación de la escena del crimen, y es miembro del Comité AFIS IAI. Durante los últimos siete años, ha sido miembro del Grupo de Trabajo Científico para el análisis, el estudio, y tecnología de las crestas de fricción. La Sra. Eaton es ex presidente de la División Noroeste del Pacífico de la Asociación Internacional para la identificación. Ella es examinadora certificada de huellas latentes y analista senior de la escena del crimen. Ha realizado presentaciones y artículos publicados por el IAI y recientemente llevó a cabo un estudio a nivel mundial sobre la singularidad de huellas dactilares latentes cuya publicación está pendiente.

Capítulos revisados: 6, Sistemas de identificación de impresiones dactilares (AFIS); 8, Preservación de la información de las crestas de fricción.

Wayne Eaton

Wayne Eaton es el gerente de operaciones forenses para Sistema AFIS de la oficina Regional del Sheriff del Condado de King. Antes del Condado de King, manejaba el sistema automatizado de identificación de huellas dactilares (AFIS), así como proyectos de implementaciones liveness para

varias dependencias policiales estatales y locales, incluyendo la integración con otros sistemas de justicia penal. Él trabajó con organizaciones de estándares internacionales y grupos de enfoque internacional para facilitar la interoperabilidad de AFIS. El Sr. Eaton fue gerente de ingeniería de sistemas durante 10 años para Sagem Morpho, que es un proveedor AFIS. Antes de eso, trabajó como científico forense para el laboratorio criminal de la División de Investigación Criminal de Iowa. Tiene una licenciatura en ciencias químicas por parte de la Universidad Central de Iowa y una maestría en administración de empresas de la Universidad de la ciudad.

Capítulo revisado: 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS)

Michael K. French

Michael K. French es un examinador de huellas latentes certificado con 13 años de experiencia en la policía y la consultoría privada. Tiene amplia experiencia en el desarrollo, escaneo, examinación y la búsqueda electrónica de evidencia de huellas dactilares, así como experiencia en el desarrollo de la escritura de desarrollo de laboratorio, higiene y normas de seguridad. Como consultor, se especializa en la revisión de los procedimientos de laboratorio, trabajo en casos relacionados con la auditoría de las huellas dactilares y la formación de estudiantes en las técnicas de pruebas forenses. Trabajó para la Oficina del Sheriff del Condado de King 1994-2006, donde fue un examinador principal durante la Investigación de Homicidios de Green River. Él tiene una licenciatura en seguridad pública por parte de la Universidad Central de Washington.

Coautor del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes

Deborah Friedman

Deborah Friedman tiene una maestría en ciencias en química forenses y una maestría en administración de empresas. Ella tiene más de 25 años de experiencia trabajando en un laboratorio criminal. Esta experiencia abarca las disciplinas de ciencias forenses de búsqueda de evidencia, biología, huellas latentes, sustancias controladas e investigaciones de la escena del crimen. Durante los últimos siete años, ha trabajado como el gerente de calidad del Laboratorio Criminalístico de la Oficina Regional de Broward.



Deborah Friedman es uno de los miembros fundadores y actual presidente de la Asociación de Gerentes de Garantía de Calidad Forense.

Capítulos revisados: 1, Historia; 12, Garantía de Calidad; 14, Las huellas digitales y la Ley.

Robert J. Garrett

Robert J. Garrett pasó más de 30 años en las fuerzas policiales. Asistió a la Universidad de Rutgers y es un egresado de la Academia de Policía del Estado de Nueva Jersey. Antes de retirarse, él era el supervisor de la unidad de la escena del crimen de la Oficina del Fiscal del Condado de Middlesex en Nueva Jersey. Sr. Garrett Es autor de numerosos artículos relacionados con la escena del crimen y ha testificado como experto en una variedad de disciplinas forenses. Ha sido conferencista en congresos estatales, regionales, e internacionales y es miembro del consejo editorial de la Revista de identificación forense. Trabajó en la Junta de Directores de la Asociación Internacional para la Identificación y es actualmente su segundo vicepresidente y preside la junta de revisión profesional de la asociación. Está certificado por el IAI como analista senior de la escena del crimen y es examinador de huellas latentes. Es miembro de la Sociedad de la huella digital de Gran Bretaña.

Capítulos revisados: 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS); 7, Desarrollo de impresión latente; 8, Preservación de la Información de la cresta de fricción; 9, Proceso de Examinación; 10, Documentación impresiones de crestas de fricción: de la escena a la conclusión; 11, Equipo; 14, Investigación científica en la disciplina forense de individualización de crestas de fricción.

M. Leanne Gray

M. Leanne Gris obtuvo su licenciatura en ciencias en la Universidad Estatal del noreste de Missouri. Ella es un científico forense en los Estados Unidos que se especializa en la impresión dactilar latente y el examen del calzado en un sistema de laboratorios criminales del Estado. Ha trabajado en miles de casos durante los últimos 20 años y ha actuado como coordinador de la garantía de calidad tanto

para las secciones de huellas dactilares latentes como de calzado. Además, ha sido coordinadora de capacitación y fue responsable de desarrollar e implementar un programa de capacitación integral en el área de exploración de huellas dactilares latentes. También ofrece capacitación y consultas a través de su propia empresa privada, Gray's Forensic Training & Consultation, que tiene su sede en Oregon, Wisconsin. Ella es examinadora certificada de huellas latentes.

Autora del capítulo 12 - Aseguramiento de la Calidad. Capítulo revisado: 9, Proceso de Examinación.

Lynne D. Herold

Lynne Herold obtuvo la licenciatura en ciencias de la Universidad Estatal de Kent en 1974 y su doctorado en filosofía en ciencias biológicas de la Universidad del Sur de California en 1984. Enseñó Histología de la Universidad del Sur de California mientras completaba su doctorado, y ha trabajado como profesor adjunto del *Union Institute and University*. Ella comenzó su carrera en criminalística en 1984 con la oficina del forense del condado de Los Angeles. En 1989, se trasladó a la Oficina de Servicios Científicos del Departamento del Sheriff de Los Ángeles, donde se emplea actualmente como criminalista de alto nivel. Sus estudios biológicos y de interés específico en la identificación microscópica de los tejidos botánicos y de animales y su estructura ha sido fundamental para establecer las bases de su testimonio en muchos casos en los Estados Unidos e internacionalmente. Ha presentado ponencias y presentaciones de carteles realizados en numerosos simposios y seminarios profesionales llevadas a cabo por la Oficina Federal de Investigaciones, la Asociación de Criminalistas California, y la Academia Americana de Ciencias Forenses.

Capítulos revisados: 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción; 3, Embriología, fisiología y morfología.

Peter T. Higgins

Peter T. Higgins obtuvo una maestría en ciencias matemáticas y ciencias de la computación por parte del *Stevens Institute of Technology* en Hoboken, Nueva Jersey. Inició su carrera profesional como matemático con la Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos. Se desempeñó

en varios puestos en esa dependencia, que incluían el establecimiento de la oficina Principal de Tecnología de la Información y la gestión de la investigación en biometría. Luego se unió a la Oficina Federal de Investigaciones en 1992, donde fue responsable del desarrollo del sistema de identificación automática de huellas dactilares integrado (IAFIS). Se convirtió en asistente del director y estuvo a cargo de la ingeniería en la División de Servicios de Información de Justicia Criminal del FBI. Se retiró del FBI en 1995 y ha estado involucrado con las dependencias de huellas digitales en varios países, prestando servicios de consultoría. Presidió el Comité IAI AFIS por cinco años. Ha publicado trabajos sobre la biometría y la tecnología AFIS. Ha enseñado a nivel universitario sobre AFIS y sobre la tecnología biométrica.

Autor del capítulo 6 - Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS)

Laura A. Hutchins

Laura A. Hutchins tiene más de nueve años de experiencia como examinadora de huellas dactilares latentes y actualmente trabaja en el Servicio Secreto de los Estados Unidos. La Sra. Hutchins recibió su formación en la Oficina Federal de (FBI), en la unidad de laboratorio impresiones latentes. Además de su certificación en huellas latentes del FBI, está certificada por la Asociación Internacional de Identificación (IAI). La Sra. Hutchins es muy activa en el campo de la identificación de crestas de fricción. Ella ha sido miembro del Grupo de Trabajo Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de crestas de fricción (SWGFAST) desde 2005 y actualmente es miembro del consejo y editora web para el IAI. Además, ella es revisora técnica para el Diario de Identificación Forense y es editora de la División de la Bahía de Chesapeake del IAI. La Sra. Hutchins es miembro de un grupo de trabajo intra-agencia establecido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Adicionalmente, cuenta experiencia en el mapeo de procesos de negocio en laboratorios criminales, con el fin de agilizar y poner en práctica la mejora de procesos. La Sra. Hutchins recibió una licenciatura en antropología por parte de la Universidad de Marquette y una Maestría en Ciencias en antropología biológica por parte de la Universidad de Wisconsin.

Autora de los capítulos: 5, Sistemas de clasificación de crestas de fricción; 8, Preservación de la de la información de la cresta de fricción.

Capítulos revisados: 1, Historia; 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS); 9, Proceso de examinación.

Charles P. Illsley

Charles P. Illsley es un examinador de huellas latentes certificado con 30 años de experiencia en diferentes tipos de exámenes forenses. Ha declarado como testigo experto en tecnología láser y de luz forense, identificación de huellas dactilares y producción clandestina de drogas en laboratorios en California, Idaho, Utah y Nueva York. Se retiró después de 25 años de servicio en dos departamentos de policía de Utah. Ahora el señor Illsley es un consultor forense de medio tiempo para la Oficina del Procurador General de Utah, que también da consultoría a diversos organismos policiales con exámenes forenses en casos no resueltos. El Sr. Illsley es un miembro activo de vida de la Asociación Internacional para la identificación. Trabajó en la Junta directiva de la Asociación Internacional para la Identificación, y fue presidente en 1998. Él es un autor y conferencias publicadas en los Estados Unidos y Canadá sobre diversos temas de testigo pericial y forense. Actualmente es miembro del consejo editorial de la Revista de identificación forense. Él es también ex presidente de la División de la IAI Utah, y ahora trabaja como presidente del Comité de Certificación de impresiones latentes de Utah. El Sr. Illsley fue miembro de SWGFAST 1996-2005 y escribió la propuesta de subvención cooperativa que financió la publicación y distribución de este libro de consulta.

Autor del Libro de referencia de subvención cooperativa.

Vici Kay Inlow

Vici Kay Inlow es el jefe de la división de identificación para el Servicio Secreto de los Estados Unidos, Washington, DC. Antes de trabajar con el Servicio Secreto, ella era especialista forense de alto nivel en la oficina forense del



sheriff de Orange County en Santa Ana, California. Ella ha participado en diversos aspectos de la identificación forense, investigación de la escena del crimen e investigación durante más de 30 años. La Sra. Inlow ha enseñado investigación de la escena del crimen, técnicas de procesamiento de impresiones latentes y la comparación de crestas de fricción en varios colegios y conferencias profesionales.

Autora del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes.

Ginger A. Kobliska

Ginger A. Kobliska tiene una maestría en ciencias forenses y es examinadora de impresión latentes de calzado de la Policía del Estado de Indiana, en el Laboratorio Regional de Indianápolis. Ella es un miembro activo de la Academia Americana de Ciencias Forenses, la Asociación Internacional para la identificación y la Asociación del Medio Oeste de Científicos Forenses. Ha sido miembro del consejo de la Asociación Internacional de Identificación de la División de Indiana durante varios años y ha trabajado como su secretaria tesorera. Además, organiza ejercicios de formación de equipos forenses y es contratista de Ron Smith and Associates, Inc.

Capítulo revisado: 1, Historia

Peter D. Komarinski

Peter D. Komarinski es un consultor biométrico con más de 20 años de experiencia con los sistemas automatizados de identificación dactilar (AFIS). Él se retiró de la División Estatal de Nueva York de Servicios de Justicia Criminal, donde fue gerente de AFIS. Sus responsabilidades incluían las mejoras en el sistema de evaluación y la aplicación particular de la identificación de huellas latentes a AFIS. Él es el autor de *Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares* (Elsevier Press) y es presidente del Comité de AFIS IAI. Ha escrito, dado conferencias y testificado como experto respecto AFIS.

Capítulo revisado: 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS).

Glenn Langenburg

Glenn Langenburg trabaja actualmente para la Oficina de Aprehensión Criminal de Minnesota como examinador de impresiones latentes y como investigador certificado de la escena del crimen. Obtuvo una licenciatura en ciencias forenses por parte de la Universidad del Estado de Michigan en 1993 y una maestría en ciencias químicas analíticas en 1999 por la Universidad de Minnesota. Es doctor en filosofía candidato en el programa de ciencia forense de la Universidad de Lausanne, Suiza. Su tesis de investigación se centra en la aplicación de la metodología ACE-V para las comparaciones de huellas dactilares. El Sr. Langenburg es profesor adjunto en la Universidad Estatal Metropolitana en St. Paul, Minnesota. Imparte un curso de introducción a la ciencia forense. Ha dado conferencias a nivel nacional e internacional en conferencias sobre ciencias forenses en los Estados Unidos, Canadá y Europa sobre temas que incluyen cuestiones *Daubert*, así como investigación y metodología de la huella digital. También es profesor de varios talleres de comparación de huellas dactilares. Él tiene el privilegio de servir a la comunidad de huellas digitales como miembro del Grupo de Trabajo Científico de análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción.

Autor del Capítulo 14 - La investigación científica en la disciplina forense de individualización de crestas de fricción.

Deborah Leben

Deborah Leben ha trabajado con el Servicio Secreto de Estados Unidos (USSS) como especialista en huellas digitales durante 17 años. Durante este tiempo, ha llevado a cabo la investigación, junto con otros científicos de laboratorio, en relación con el desarrollo de las huellas latentes. Otras tareas incluyen la gestión de proyectos de tecnología de la información dentro del Departamento de Seguridad Nacional y el Servicio Secreto. Ella tiene una maestría en ciencias forenses, una maestría en ciencias de la gestión de tecnología, es profesional de gestión de proyectos a través del Instituto de Gestión de Proyectos, y es examinadora certificada de huellas latentes. Actualmente es presidenta de la División de la Bahía de Chesapeake de la Asociación Internacional para la Identificación (IAI), miembro del consejo de redacción de la Revista de Identificación Forense, y miembro de la junta directiva de la IAI.

Capítulo revisado: 7, Desarrollo de impresiones latentes.

William F. Leo

William Leo ha sido un examinador de huellas digitales durante 35 años, y es el instructor principal del Programa de Capacitación para el examinador de Impresiones Latentes Forense del Departamento del Sheriff de Los Ángeles. Él tiene una licenciatura en Ciencias de Justicia Criminal y una Maestría en Ciencias Criminológicas por parte de la Universidad del Estado de Indiana. Ha dado numerosas conferencias y ha dado testimonio como testigo experto sobre el fundamento científico y legal de identificación crestas de fricción. Se ha desempeñado como profesor adjunto de la Administración de Justicia a las tres Universidades del Sur de California. Es autor de numerosos artículos y el libro de texto, identificación de huellas dactilares. Él es ex Presidente de la Asociación de Oficiales de huellas dactilares del Sur de California.

Capítulos revisados: 1, Historia; 13, Las huellas dactilares y la Ley.

Bridget Lewis

Bridget Lewis recibió un título de artes por parte del Des Moines Area Community College. Ella comenzó su carrera policial en 1979 como cadete con el Departamento de Policía la ciudad de Des Moines, Iowa. En 1985, se trasladó a la sección de identificación y se convirtió en responsable de la investigación de la escena del crimen. Desde 1996, ha trabajado en la División de Investigación Criminal de Iowa como criminalista en la sección de identificación del laboratorio de criminalística. Allí se lleva a cabo análisis y comparaciones de huellas dactilares, de calzado, así como pruebas de impresión de neumáticos. La Sra. Lewis es examinadora certificada de huellas latentes. Actualmente es miembro de la junta directiva de la Asociación Internacional para la Identificación y también es miembro del Grupo de Trabajo Científico de análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción.

Capítulos revisados: 1, Historia; 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 7, Desarrollo de impresiones latentes; 11, Equipo

Alice Maceo

Alice Maceo es actualmente directora del laboratorio forense para el detalle de impresiones latentes del Departamento de Policía Metropolitana de Las Vegas. Ha trabajado en la disciplina de impresiones latentes desde 1997 y ha logrado la certificación de huella latente por la Asociación Internacional de Identificación (IAI) en 2001. Ella es un participante activa en conferencias forenses en los Estados Unidos, Canadá y Europa. Ha publicado artículos en la Revista de Identificación Forense y de la huella digital Whorld. Desde 2001, ha tenido el honor de participar en el Grupo de Trabajo Científico de análisis, estudio y tecnología de crestas de fricción. En 2004, obtuvo el estatus de miembro distinguido con el IAI. Ella tiene una licenciatura en ciencias biológicas de la Universidad de Alaska.

Autora de los capítulos: 2 - Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción en adultos; 10 - Documentación de Impresiones de cresta de fricción: de la escena a la Conclusión.

Capítulos revisados: 8, la preservación de la Información de la cresta de fricción; 9, Proceso de Examinación; 12, Aseguramiento de la Calidad

James L. May III

James L. May III ha estado trabajando en la aplicación de la ley desde 1993. A lo largo de su carrera se ha centrado en una variedad de disciplinas forenses, sobre todo investigaciones de la escena del crimen y las investigaciones de mortalidad infantil. En enero de 2004, fue reclutado por los Centros para el Control de Enfermedades para ayudar al co-autor del libro *Sudden, Unexplained Infant Death Investigation*. El Sr. May actualmente trabaja para el Departamento de Policía de la Ciudad de Tooele como detective / Investigador Forense. A lo largo de su carrera, el Sr. May ha sido instructor en numerosas dependencias de todo el país. También es miembro del consejo editorial de la Revista de identificación forense.

Capítulo revisado: 13, Las huellas digitales y la Ley



R. Michael McCabe

R. Michael McCabe se retiró como un científico de la computación de NIST y actualmente es consultor senior de tecnología de Identificación Partners. Él es egresado de la Universidad John Carroll y la American University. Después de haber trabajado en estrecha colaboración con el FBI sobre huellas dactilares y otros proyectos relacionados AFIS, fue responsable de la elaboración de la norma de huellas digitales ANSI / NIST-ITL 2007, además de varias normas de huellas dactilares ANSI e ISO.

Autor del capítulo 6 - Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS)

Stephen B. Meagher

El especialista de la huella digital Stephen B. Meagher es un veterano de la Oficina Federal de Investigaciones (FBI) con 35 años, y ha participado activamente en la disciplina de impresión latente forense durante 29 años. Ha llevado a cabo exámenes forenses en cientos de casos criminales y ha testificado como experto en todo Estados Unidos y en Canadá. Ha ocupado diversos cargos directivos, entre ellos jefe del FBI para una unidad de impresión latente. Actualmente se gestiona un programa relacionado con los aspectos legales de la disciplina de impresión latente, así como coordina y realiza una investigación en relación con la identificación de la impresión latente. El Sr. Meagher planeaba, coordinaba y dirigía un equipo de expertos en respuesta al primer desafío legal *Daubert*, a la ciencia de huellas dactilares. Desde entonces ha testificado en 19 audiencias *Daubert* en tribunales federales y estatales. Ha sido instructor o profesor en todos los aspectos de la disciplina de la impresión latente forense para expertos en huellas dactilares, la comunidad científica en general, investigadores, abogados, jueces, desarrolladores y fabricantes de tecnología relacionada con la huella digital. Ha participado activamente en el establecimiento de normas de huellas digitales a través de los esfuerzos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología. Es miembro de la Junta directiva de la Asociación Internacional para la Identificación; vice presidente del Grupo de Trabajo Científico de análisis, estudio y tecnología de la cresta de fricción; y vicepresidente del Grupo de Expertos de monitoreo de la huella digital de Interpol.

Coautor del capítulo 13, Las huellas dactilares y la Ley

Andre A. Moenssens

Andre A. Moenssens es un consultor forense y profesor emérito jubilado de dos universidades. Comenzó su formación con las huellas dactilares en Bélgica en 1950. Obtuvo un grado de Juris Doctor con honores en 1966 y una Maestría en Derecho por parte de la Universidad de Northwestern en 1967. Él ha calificado como un experto en los tribunales estatales y federales, y ha dado consultoría ampliamente en los EE.UU. y en el extranjero. Es autor de varios textos sobre la toma de huellas dactilares y en la evidencia científica; es también editor en Jefe de la Enciclopedia Wiley de la ciencia forense en su versión impresa y del servicio de actualización en línea. Es miembro de la Asociación Internacional para la Identificación, miembro distinguido de la Academia Americana de Ciencias Forenses, y miembro de otras sociedades profesionales.

Coautor del capítulo 13 - Las huellas dactilares y la Ley.

Capítulos revisados: 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción en adultos; 14, Investigación científica en la disciplina forense de individualización de crestas de fricción.

Kenneth Moses

Kenneth Moisés tiene más de 40 años de experiencia en las ciencias forenses. Egresado de la Universidad de California en Berkeley, el Sr. Moses estableció la Unidad de Investigaciones de la Escena del Crimen de del Departamento de Policía de San Francisco en 1983 y jugó un papel decisivo en la promoción de sistemas de huellas dactilares automatizadas en Estados Unidos. Se desempeñó como miembro de SWGFAST y como presidente del Comité AFIS para el IAI, donde alentó vigorosamente la exploración en vivo y las tecnologías digitales de impresión palmar.

Autor del capítulo 6 – Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS)

Julieanne Perez Avila

Julieanne Pérez Ávila se emplea actualmente en el Laboratorio Criminal del Estado de Wisconsin en Milwaukee como científico forense / examinador de huellas latentes. Obtuvo su licenciatura en justicia criminal por parte de la Universidad de Wisconsin en 1990 y una Maestría en Ciencias forenses de la Universidad de New Haven en 1992. Ella es miembro de la Academia Americana de Ciencias Forenses, de la Asociación del Medio Oeste de Científicos Forenses, la Asociación Internacional para la identificación y la Asociación de Wisconsin para la identificación.

Autor del capítulo 11 – Equipos

Michael Perkins

Michael Perkins es un Supervisor Analista de la escena del crimen del Departamento de Policía Metropolitana de Las Vegas. Él es un distinguido miembro de la Asociación Internacional para la identificación; forma parte del consejo editorial de la Revista de Identificación Forense y está certificado como examinador de impresiones latentes; es analista senior de la escena del crimen, examinador de patrones de manchas de sangre y fotógrafo forense.

Capítulos revisados: 5, Sistemas de Clasificación de crestas de fricción; 10, Documentación de Impresiones de crestas de fricción: de la escena a la conclusión; 11, Equipo; 14, Investigación científica en la disciplina forense de individualización de crestas de fricción.

Salil Prabhakar

Salil Prabhakar es un experto en biometría y sistemas de identidad a gran escala. Él es el director científico y director de *R&D at DigitalPersona Inc.*, California. Recientemente diseñó el sistema biométrico para la Autoridad de Identificación Única de India como voluntario. Salil es co-autor de más de 40 publicaciones técnicas y tiene dos patentes. Es co-autor del Manual de reconocimiento de huellas digitales (Springer 2003, 2009), que recibió el premio Profesional / académico división editorial, de la Asociación de Editores de Estados Unidos. Ha presidido de manera conjunta varios Institutos de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), la Asociación Internacional de Reconocimiento de Patrones y conferencias SPIE; ha sido editor asociado de cuatro revistas internacionales, incluyendo IEEE *Transactions on*

Pattern Analysis and Machine Intelligence; y es un miembro senior del IEEE y vicepresidente de Finanzas de Consejo IEEE de Biometría. Obtuvo la licenciatura en tecnología por parte del Instituto de Tecnología de la Universidad Hindú de Benarés, Varanasi, India en 1996 y su grado de doctor de la Universidad Estatal de Michigan en 2001, tanto en Ciencias de la Computación como en Ingeniería.

Autor del capítulo 6 – Sistemas automatizados de Identificación de huellas dactilares (AFIS)

Robert Ramotowski

Robert Ramotowski se desempeña como químico investigador de la División de Servicios Forenses del Servicio Secreto de los Estados Unidos. Ha trabajado con el Servicio Secreto de Estados Unidos en este ámbito desde 1994. Su posición conlleva la coordinación de las actividades de investigación dentro de la división en las áreas de visualización de huellas digitales, examen de documentos, química de la tinta y las tecnologías de marcado y rastreo ópticas y químicas. Recibió una licenciatura en ciencias químicas en 1993 y una maestría en ciencias químicas en 1997 por parte de la Universidad George Washington.

Autor del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes

Charles Richardson

Charles "Chuck" Richardson se ha empleado en la ciencia de las huellas digitales desde 1963. Fue especialista senior de huellas dactilares con el FBI durante 18 años, especialista en huellas dactilares con el Servicio Secreto de los Estados Unidos durante 10 años, y especialista senior en huellas digitales y gerente de programa con la Administración de Control de Drogas durante 11 años. Él es examinador certificado de huellas latentes. El Sr. Richardson ha sido instructor en todas las fases de la ciencia de las huellas digitales, en academias tanto del FBI como del Departamento de Justicia. Ha colaborado en la formación de especialistas de huellas digitales del FBI y de la Agencia de Control de Drogas (DEA), de la DEA químicos forenses, el FBI, la DEA, y de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, de la Oficina de Investigaciones Especiales y agentes especiales. También ha colaborado en la formación de los fiscales federales adjuntos en la Judge Advocate General's School del Departamento de Justicia. Además, ha realizado cursos de 40 horas para las dependencias



policiales locales en huellas dactilares latentes avanzadas y testimonio en la corte todo el país. Actualmente se desempeña como instructor de cursos de formación patrocinados por la IAI. El Sr. Richardson es un ex miembro de la Junta Directiva de la IAI y ex miembro de la Junta de Certificación de impresiones latentes del IAI. Ha testificado más de 100 veces en tribunales federales, estatales, así como en tribunales militares en 30 estados y Puerto Rico. En la actualidad es miembro del Grupo de Trabajo Científico Análisis, Estudio y Tecnología de crestas de fricción.

Capítulos revisados: 1, Historia; 5, Sistemas de clasificación de crestas de fricción; 9, Proceso de Examinación

Vaughn Sears

En 1981, Vaughn Sears obtuvo una licenciatura en ciencias bioquímicas de la Universidad de Sussex. En junio de 1981, se unió al Ministerio del Interior del Reino Unido para trabajar en el Grupo de Desarrollo de la huella digital. Desde entonces ha llevado a cabo investigación y desarrollo de casi todos los procesos de desarrollo de huellas digitales recomendados por el Ministerio del Interior. Fue el responsable de la ninhidrina basada en HFE y las formulaciones DFO y los pigmentos de contraste para sangre ácida negra 1, violeta ácido 17, y el amarillo ácido 7. Él también llevó a cabo muchos estudios de captura de imágenes de huellas o huellas digitales, incluyendo equipos y medios de captura. Ha publicado más de una docena de artículos científicos sobre temas de huellas digitales y es el director de las publicaciones *The Home Office Manual of Fingerprint Development Techniques* y el *The Fingerprint Development Handbook* (El Manual del Ministerio del Interior de técnicas de desarrollo de huellas dactilares y el Manual de Desarrollo de la huella digital). Es miembro de la Sociedad Real de Química y en 2005, la Real Sociedad Fotográfica le otorgó el puesto de acreditado Científico de toma de imágenes acreditado y Miembro asociado.

Autor del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes.

Kenneth O. Smith, Jr.

Kenneth O. Smith, Jr., ha sido analista de impresión latente desde 1965. Se retiró en 2006 como asistente del director de laboratorio del Servicio de Inspección Postal de Estados Unidos. En la actualidad es examinador forense de huellas latentes por cuenta propia. Sus credenciales anteriores

incluyen: miembro del Grupo de Trabajo Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de crestas de fricción; Junta directiva de la Asociación Internacional de Identificación (IAI); IAI Representante de evaluaciones de aptitud de impresiones latentes; Presidente y Secretario de la Junta de Certificación de impresiones latentes IAI; Comité Científico Asesor de Virginia; y el Comité de Revisión Internacional del caso del atentado en Madrid, FBI.

Capítulos revisados: 8, Preservación de la información de la cresta de fricción; 12, Aseguramiento de la Calidad

Michelle L. Snyder

Michelle L. Snyder se emplea como un científico forense en la Oficina de Identificación Criminal e Investigación Ohio. Ella tiene una licenciatura en Ciencias, en Biología Pre-Médica y una licenciatura en Sociología por parte de la Universidad de Indiana en Pennsylvania, así como una Maestría en Ciencias Forenses de la Universidad de Marshall. La Sra. Snyder trabaja como coordinadora de ciencia forense para la sección de impresión latente para asegurar el cumplimiento de las directrices de acreditación ASCLD-LAB. Es miembro de la Asociación Internacional para la Identificación (IAI) y la División del IAI en Chesapeake Bay.

Capítulos revisados: 1, Historia; 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción; 3, Embriología, fisiología y morfología; 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem.

Lisa J. Steele

Lisa J. Steele ejerce la ley en Bolton, Massachusetts. Se graduó de Mount Holyoke College y Western New England College School of Law. Steele ha estado representando a acusados indigentes en apelaciones criminales en Massachusetts y Connecticut desde 1995. Fue autora del escrito de amicus curiae (para el NACDL, Asociación de Abogados de Defensa Criminal de Massachusetts, y el Comité de Asesoría de Servicios Públicos) en *Commonwealth vs. Patterson*, un caso del Tribunal Supremo de Massachusetts respecto de la prueba de huellas dactilares. Es autora de varios artículos en revistas jurídicas sobre derecho y las ciencias penales, incluyendo el desafío de Defensa de huellas dactilares, 40: 3 Crim. L. Buln. 213 (2004).

Capítulo revisado: 14, Las huellas digitales y la Ley

Jon T. Stimac

Jon T. Stimac ha complementado las primeras investigaciones sobre el disolvente HFE-7100 y presentado a la comunidad forense el uso de Un-du como un separador adhesivo alterno. Para el desarrollo de las impresiones de huellas latentes en papeles térmicos y sin carbón, introdujo una formulación especializada de ninhidrina y el uso de 1,2-indanodiona. Ha publicado varios artículos técnicos que cubren estos y otros temas en revistas internacionales de identificación forense. El Sr. Stimac es miembro de SWGFAST y también está activo en varias organizaciones regionales e internacionales de identificación forense.

Capítulos revisados: 7, Desarrollo de impresiones latentes; 9, Proceso de examinación; 14, Investigación científica en la Disciplina Forense de Individualización de crestas de fricción.

B. Scott Swann

B. Scott, Swann trabaja con la Oficina Federal de Investigación (FBI) en la División de Servicios de información de Justicia Penal (CJIS). Durante su ejercicio de 15 años, se ha desempeñado como ingeniero para asegurar la integridad de los repositorios FBI IAFIS, con el apoyo de múltiples implementaciones de tecnología de renovación, y se desempeñó como Jefe de Unidad responsable de dirigir, coordinar y administrar tecnologías y servicios biométricos relacionados. Actualmente, el señor Swann es la guía de Ciencia y Tecnología para la Inteligencia de identidad como parte de una asignación de funciones conjunta con la Oficina del Director de Inteligencia Nacional. El señor Swann es un profesional certificado de gestión de proyectos a través del Instituto de Gestión de Proyectos y tiene una maestría en ciencias de ingeniería de software de la Universidad de Virginia Occidental.

Autor del capítulo 6 – Sistemas de automatización de identificación de huellas dactilares.

Lyla A. Thompson

Lyla A. Thompson es Supervisora de Departamento de la sección de impresiones latentes del laboratorio criminal del condado de Johnson, Kansas. Ella cuenta con más de 35 años de experiencia como examinadora de huellas latentes

empleada en el condado de Johnson, Kansas, y con la Independencia, el Departamento de Policía de Missouri. Es miembro del Grupo de Trabajo Científico de análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción. Ella es examinadora certificada de huellas latentes y actualmente se desempeña como presidente de la Junta de Certificación de impresiones latentes de la Asociación Internacional para la Identificación.

Capítulos revisados: 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 5, Sistemas de Clasificación de crestas de fricción; 12, Aseguramiento de la Calidad

Michele Triplett

Michele Triplett es una examinadora de huellas latentes certificada que trabaja con la Oficina del Sheriff del Condado de King, en Seattle, Washington. Ella tiene una licenciatura en ciencias en matemáticas y estadística de la Universidad Estatal de Washington y se ha empleado en la disciplina de identificación crestas de fricción durante más de 13 años. En la actualidad es miembro del consejo editorial de la Revista de Identificación Forense y es miembro del Subcomité general Forense de la Asociación Internacional para la identificación.

Capítulo revisado: 14, Investigación científica en la disciplina forense de la individualización de crestas de fricción.

John R. Vanderkolk

John R. Vanderkolk, Policía del Estado de Indiana, tiene un título en Estudios Forenses y Psicología de la Universidad de Indiana y es el director del Laboratorio Regional Fort Wayne de la Policía del Estado de Indiana. Es miembro del Grupo Científico de Trabajo sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción, el Grupo de Trabajo de Expertos sobre Factores Humanos en el análisis de huellas latentes y el consejo editorial de la Revista de la identificación forense. Es miembro distinguido de la Asociación Internacional para la Identificación y funge como presidente del comité de estándares de identificación forense. El Sr. Vanderkolk consultó a la Oficina del Inspector General, en referencia a la identificación de huellas dactilares errónea en el caso de Brandon Mayfield. También fue autor de los libros de texto de *Forensic Comparative Science* –



Qualitative Quantitative Source Determination of Unique Impressions, Images, and Objects (Ciencias Forenses comparativas - Fuente Determinación Cualitativa Cuantitativa de Impresiones únicas, Imágenes y Objetos) Elsevier / Academic Press 2009).

Autor del capítulo 9 - Proceso de Examinación. Capítulos revisados: 1, Historia; 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción; 3, Embriología, fisiología y morfología; 14, Investigación científica en la disciplina forense de Individualización de crestas de fricción.

Melissa Wakefield

Melissa Wakefield tiene una licenciatura de ciencias aplicadas (investigación forense) del Instituto de Tecnología Canberra y estudió química en el Universidad Nacional australiana. Durante sus estudios, llevó a cabo un proyecto de investigación independiente y permanente para investigar un nuevo método para el desarrollo de las huellas dactilares latentes en papel térmico. La Sra. Wakefield actualmente está terminando un programa de honores de investigación con la Universidad de Centro Nacional Canberra de Estudios Forenses, con el apoyo de la Policía Federal de Australia, al tiempo que enseña técnicas de desarrollo de huellas dactilares y química analítica forense para el Centro de CIT de Ciencias Forenses.

Autora del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes.

James L. Wayman

James L. Wayman recibió un doctorado en ingeniería en 1980 en la Universidad de California, Santa Bárbara. Se incorporó a la Universidad Estatal de San José en 1995 para dirigir el Programa de Investigación de identificación biométrica, sirviendo como director del Centro Nacional de Pruebas biométricas de EE.UU. en San Jose State University, de 1997 a 2000. Es coeditor de *Sistemas Biométricos* (Springer, Londres, 2005). Es miembro del Instituto Británico de Ingeniería y Tecnología; es experto principal para los estándares ISO / IEC JTC 1 SC37 del comité de biometría, editor de la norma ISO / IEC 19794-13, "Formato de datos de voz"; y ex editor de la norma ISO / IEC 19794-3, "Formato Patrón espectral de datos dactilares". Fue miembro de las Academias Nacionales de Estados Unidos

de los comités de Ciencia "¿Hacia dónde va la biométrica," "tecnologías de autenticación y sus implicaciones para la privacidad"; y "Panel sobre Tecnología de la Información". El Sr. Wayman ha trabajado como asesor pagado de biometría a nueve gobiernos nacionales.

Capítulo revisado: 15, Investigación científica en la disciplina forense de Individualización de crestas de fricción.

Michael J. Wenger

Michael J. Wenger tiene un doctorado en filosofía en psicología experimental de la Universidad de Binghamton y formación postdoctoral en la Universidad de Indiana en la psicología matemática. La investigación del Sr. Wenger se centra en las interacciones dinámicas de los procesos de percepción y de la memoria, la percepción facial y la memoria, la experiencia perceptual y cognitiva y las relaciones de precisión de latencia en la percepción y la cognición. Un aspecto clave para cada uno de estos esfuerzos de investigación, es un compromiso para desarrollar y probar modelos formales (matemáticas y computacionales) de las hipótesis y de los fenómenos en el estudio, con énfasis en las herramientas de la neurociencia computacional.

Capítulos revisados: Experiencia Visual y Exámenes de huellas latentes [Sustituido en este volumen con el Capítulo 15 - Habilidades Especiales y Vulnerabilidades en Pericia Forense]

Kasey Wertheim

Kasey Wertheim estableció su carrera forense como un científico forense para el Laboratorio Forense de Mississippi, y lanzó su carrera técnica con una pequeña compañía de tecnología forense, LumenIQ, como su director de los servicios forenses. En 2004, estableció el Equipo de servicios de investigaciones biométricas del Departamento de defensa y formó su propia empresa de consultoría, y ha trabajado en los problemas relacionados con la tecnología de huellas dactilares para clientes federales. Wertheim ha dado conferencias, talleres, ha publicado artículos y ha participado en proyectos de investigación en la disciplina de la impresión latente. Obtuvo el grado de miembro distinguido de la Asociación Internacional de Identificación (IAI), trabajó como el presidente del subcomité de impresión latente del

IAI por dos años, fue analista certificado de la escena del crimen por cinco años; es miembro del consejo editorial de la Revista de Forense de identificación y es un examinador certificado de huellas latentes.

Autor del capítulo 3 - Embriología, Fisiología y Morfología.

Capítulos revisados: 2, Anatomía y Fisiología de la piel de crestas de fricción; 6, Sistemas automatizados de identificación de huellas dactilares (AFIS); 8, Preservación de la información de la cresta de fricción; 9, Proceso de Examinación.

Juliet H. Wood

Juliet H. Wood es la Gerente del Programa de Sistemas automatizados para la Identificación de huellas dactilares en el Laboratorio de Investigación Criminal del Ejército de Estados Unidos, y examinador de huellas latentes certificado. Se desempeñó como directora de la División de la Asociación Internacional para la identificación del Estado de Georgia desde 2002 a 2006 y actualmente es miembro del consejo editorial de la Revista de la identificación forense. Ella tiene una Maestría en Ciencias Forenses de la Universidad George Washington y una licenciatura en Ciencias en Ingeniería de la Universidad de Columbia.

Capítulos revisados: 1, Historia; 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 7, Desarrollo de impresiones latentes; 8, Preservación de la Información de la cresta de fricción; 11, Equipo; 12, Aseguramiento de la Calidad

Brian Yamashita

Brian Yamashita obtuvo una licenciatura en ciencias (honores) Químicas por la Universidad de Manitoba y un doctorado en Química Física de la Universidad de Western Ontario en London, Ontario. Se unió a la Real Policía Montada de Canadá (RCMP) en 1989, donde actualmente realiza investigación y desarrollo de la ciencia forense, con énfasis en la identificación forense. Él es parte del consejo editorial de la Revista de Identificación Forense y del Boletín de la RCMP, y es editor de la Sociedad Canadiense de la revista de ciencia forense. Él miembro tanto de SWGSTAIN como de SWGTREAD.

Coautor del capítulo 7 - Desarrollo de impresiones latentes

Rodolfo R. Zamora

El Sr. Zamora trabaja con el Departamento de Policía de Chandler, un laboratorio acreditado internacionalmente (ISO). Tiene más de 30 años de experiencia haciendo trabajo en escena del crimen, procesamiento de pruebas, análisis de huellas latentes y restauración de la piel de fricción momificada. Ha estado involucrado con la enseñanza en todo el estado de Arizona, en estas mismas áreas. Fue presidente del Consejo de identificación de Arizona (IAI), y ex miembro del Grupo de Trabajo Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción. Ha testificado en tribunales de menores, superiores, federales, e iraquíes.

Capítulos revisados: 4, Registro de ejemplares de crestas de fricción vivos y postmortem; 7, Desarrollo de impresiones latentes; 9, Proceso de Examinación.



APÉNDICE B: EL ORIGEN DEL GRUPO DE TRABAJO CIENTÍFICO SOBRE EL ANÁLISIS, ESTUDIO Y TECNOLOGÍA DE LAS CRESTAS DE FRICCIÓN (SWGFAST)

Con el desarrollo del campo de análisis de ADN, la Oficina Federal de Investigaciones (FBI) puso en marcha un grupo de trabajo técnico para elaborar directrices de mejores prácticas para la comunidad. Después de haber presenciado el éxito del programa, en 1992, exploraron el concepto de promover el desarrollo de grupos de trabajo técnico adicional (GTT) en apoyo de otras disciplinas forenses. Tres miembros de la comunidad de la impresión latente se involucraron en esta iniciativa cuando asistieron a una reunión con Kenneth Nimmich en la Academia del FBI en Quantico, Virginia. Escucharon acerca del programa que preveía un medio estructurado para desarrollar normas de consenso para preservar y mejorar la calidad de servicio dentro de la disciplina de ADN. Después de esta presentación informal, se les preguntó si habría algún valor en el establecimiento de un grupo de trabajo similar a abordar la disciplina de impresión latente. Stephen Meagher del Laboratorio del FBI, Curtis Shane de los Servicios de Investigación Naval, y Leonard Butt por parte del condado de Baltimore, del Departamento de Policía de Maryland estaban todos de acuerdo que apoyarían tal programa. La reunión terminó, y pasó el tiempo.

El 10 de junio de 1995, un grupo de 15 distinguidas personas se vieron en la primera reunión de lo que se conoció como el Grupo de Trabajo Técnico sobre los aspectos forenses de análisis de las crestas de fricción. Las siguientes personas representaron este órgano fundador: David Ashbaugh (Real Policía Montada del Canadá); Margaret Negro (Oficina del Sheriff del Condado de Orange, California); Diane Bowman (Departamento de Policía de Oakland, California); Robin Bratton (Policía Estatal de Michigan); James Johnson (Servicio Secreto de los Estados Unidos); John Nielson (Departamento de Justicia de Wisconsin); Curtis Shane (Servicios de investigación Navales); James Resortes (División Policial de Carolina del Sur); y, del FBI, Danny Greathouse, John Massey, Stephen Meagher, Eugene Mulholland, Kenneth Nimmich, James Ridgely, y Claude Sparks.

Los debates que tuvieron lugar durante los próximos 11 días sirvieron para sentar las bases de lo que este grupo de trabajo técnico intentaría lograr. Sorprendentemente, la idea era que este sería un proyecto a corto plazo. Las expectativas eran que terminaría al finalizar la emisión de una serie de directrices para satisfacer su meta autoimpuesta.

De las actas de aquella primera reunión:

El propósito básico propuesto del grupo es:

Crear pautas para el conocimiento del practicante de la impresión latente, metodología analítica, y capacidad para llevar a cabo exámenes de crestas de fricción. Establecer y promulgar métodos para la investigación y validación de técnicas innovadoras. Que las directrices serán reconocidas por los administradores forenses y el ámbito judicial como el estándar para las prácticas aceptables de los exámenes de crestas de fricción.

Por definición, se forman grupos de trabajo técnicos para hacer frente a tareas específicas. Cuando las tareas se han completado, el grupo se disolvió. El FBI determinó que los GTT establecidos iban a convertirse en organismos que funcionan a largo plazo y que se restablecieron los grupos de trabajo científicos. Para reflejar esto, el nombre de Grupo de Trabajo Científico sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción (SWGFAST) fue adoptado oficialmente en 1998.

Con los años, los principales temas que han sido objeto de examen por el grupo no han cambiado mucho. Estos incluyen cualificaciones mínimas y la formación, certificación, pruebas de aptitud, la garantía de calidad, integridad, avance de la tecnología y la adopción de directrices. Cuando sea apropiado, como los acontecimientos ocurridos en los años que tenía el potencial de impactar la comunidad practicante en general, se han hecho intentos para abordar esto de forma individual. Nunca ha habido una falta de temas a ser considerados por SWGFAST. A medida que el papel de SWGFAST evolucionó, sus objetivos se volvieron más refinados y se reflejan con mayor precisión como se muestra a continuación:

- Establecer normas y directrices para el desarrollo y mejorar los conocimientos, destrezas y habilidades de los examinadores de crestas de fricción.
- Discutir y compartir métodos y protocolos para el examen de crestas de fricción.
- Fomentar y evaluar la investigación y la tecnología innovadora relacionada con el examen crestas de fricción.
- Establecer y difundir normas y directrices para la garantía de calidad y control de calidad.

- Cooperar con otras organizaciones nacionales e internacionales en el desarrollo de normas.
- Difundir estudios SWGFAST, normas, lineamientos y conclusiones.

La política de SWGFAST es publicar todas las directrices y normas para hacer comentarios de la comunidad antes de ser aceptados como documentos finales. Por su diseño, este proceso tiene por objeto garantizar que el trabajo final realmente represente y satisfaga las necesidades de los profesionales, así como de la comunidad científica y proporciona una visión que vaya más allá de sólo la pertenencia a SWGFAST.

Después de haber discutido un mínimo de tres veces a lo largo de los años, en 2007 se tomó la decisión de ampliar el papel de SWGFAST más allá de la disciplina de impresión latente. Esto se logró a través de la creación de un comité permanente de representantes de la comunidad decadactilar. Aunque se reconoció que cada disciplina tiene sus propias responsabilidades específicas, los principios y los intereses subyacentes son los mismos. Por otra parte, las tareas realizadas por los examinadores de huellas latentes dependen de los servicios prestados dentro de la comunidad de impresión decadactilar. La experiencia adquirida como resultado de esta expansión ha revelado que las verdaderas diferencias entre las disciplinas son realmente mínimas.

La evolución en el programa SWGFAST se demuestra además por la diversidad representada entre sus miembros. SWGFAST tiene un máximo de 40 miembros del Consejo de Padres y hasta 10 miembros en el Comité decadactilar. Inicialmente, los miembros representaban a gerentes y profesionales de la comunidad de la impresión latente. Como se tuvo en cuenta a los nuevos miembros, se reconoció que no habría un valor significativo en la prestación de una representación más amplia de antecedentes e intereses. Actualmente, los miembros provienen de fondos diversificados e incluyen examinadores de impresiones latentes, examinadores decadactilares, expertos de defensa, investigadores, académicos y administradores. La diversidad de este grupo proporciona una perspectiva objetiva, pero variada, sobre todos los asuntos de interés para el grupo. Los datos demográficos representados por un grupo de este tipo sirven para asegurar la inclusión de muchas perspectivas justificadas, sin embargo muchas veces refutadas, que van a ser discutidos durante las deliberaciones normales. Esto equivale a un proceso



que es más capaz de servir a la comunidad mediante la inyección de una medida interna de equilibrio y objetividad a la hora de considerar el trabajo en una tarea particular.

SWGFAST mantiene un compromiso continuo con las necesidades generales de la comunidad científica de crestas de fricción. Como parte de ese compromiso, el grupo hace recomendaciones que se extienden más allá de la comunidad de práctica con el fin de apoyar la disciplina. Un primer ejemplo de que se puede encontrar en este *El Libro de Referencia de las Huellas Dactilares*.

Al igual que con los documentos SWGFAST, habrá una necesidad continua para actualizar los materiales contenidos en el *El origen del grupo de trabajo científico sobre el análisis, estudio y tecnología de las crestas de fricción (swgfast)*. Disposiciones relativas a dicha actualización traer mérito adicional a la labor de ser un documento vivo conceptualizado para proporcionar apoyo continuo y actual de la profesión.

Lenny Butt, Presidente

*Grupo de Trabajo Científico sobre el Análisis,
Estudio y Tecnología de las Crestas de Fricción.*



APÉNDICE C: MIEMBROS DE SWGFAST

ÓRGANO SUPERIOR

NOMBRE

ARMSTONG, Benjamin
ASHBAUGH, David
BELL, Jackie
BENNINGFIELD, Debbie
BERGMAN, Herman
BLACK John
BLACK, Maggie
BLUME, Patti
BOWMAN, Diane
BRANDON, Mary
BRATTON, Robin
BUTT, Lenny
CAMPBELL, Mike
CARTER, Danny
CHAMPOD, Christophe
CLARK, John
COPPEJANS, Mary Sue
CURRIE, Ian

AGENCIA

Plano Police, Texas
Royal Canadian Mounted Police
Federal Bureau of Investigation
Houston Police, Texas
Oakland Police, California
Private Examiner
Orange County Sheriff, California
Orange County Sheriff, California
Oakland Police, California
Portland Police, Oregon
Michigan State Police
Maryland State Police
Milwaukee Police, Wisconsin
Texas Dept. of Public Safety
University of Lausanne, Switzerland
Western Identification Network
Alabama Department of Science
Royal Canadian Mounted Police

FECHAS

1996 to 1998
1995; 2001 to 2005
1997 to 2002
2004 a la fecha
2006 a la fecha
2007 a la fecha
1995 a la fecha
1996
1995
1996 to 2007
1995 to 2002
2002 a la fecha
2003 to 2007
1996 to 1998
2005 a la fecha
1999 a la fecha
2003 to 2008
2007 to 2011

NOMBRE
AGENCIA
FECHAS

EATON, Geraldine	King County Sheriff, Washington	1998 to 2009
FISCHER, Deborah	Florida Dept. of Law Enforcement	1999 to 2002
FITZPATRICK, Frank	Orange County Sheriff, California	1997 a la fecha
FUTRELL, Ivan	Federal Bureau of Investigation	1996
GARRETT, Robert	Private Examiner	2008 a la fecha
GERMAN, Edward	United States Army Crime Lab	1996 a la fecha
GETTEMY, James	Florida Dept. of Law Enforcement	1998 to 2008
GISHE, Melissa	Federal Bureau of Investigation	2007 a la fecha
GREATHOUSE, Danny	Federal Bureau of Investigation	1995
GRIEVE, David	Illinois State Police	1996 to 2008
GRIMM, Michael	Virginia Div. Forensic Science	1998 to 2005
HANKERSON, Larry	Alcohol, Tobacco, Firearms, GA	1999 to 2004
HASTY, Danny	Washington County Sheriff, FL	1996 to 2008
HECKER, Scott	Federal Bureau of Investigation	2008 a la fecha
HICKLIN, Austin	NOBLIS	2009 a la fecha
HOLLARS, Mitch	Federal Bureau of Investigation	2003 a la fecha
HUTCHINS, Laura	United States Secret Service	2006 a la fecha
ILLSLEY, Charles	West Valley Police, Utah	1996 to 2005
INLOW, Vici	United States Secret Service	1998 to 2006
JOHNSON, James	United States Secret Service	1995 to 2007
KILGORE, John	Iowa Crime Lab	1996 to 1997
LANGENBURG, Glenn	MN Bureau of Criminal Invest.	2004 a la fecha
LEWIS, Bridget	Iowa Crime Lab	2002 a la fecha
MACEO, Alice	Las Vegas Metro Police, Nevada	2001 a la fecha
MARTIN, Kenneth	Massachusetts State Police	2000 to 2002
MASSEY, John	Federal Bureau of Investigation	1995 to 1999
MASTERS, Nancy	California Department of Justice	1996
MCFARLANE, Walter	Alaska Crime Lab	1996 to 2001
MCRBERTS, Alan	Private Examiner	1996 a la fecha
MEAGHER, Steven	Federal Bureau of Investigation	1995 to 2007
MICHAUD, Gregoire	Michigan State Police	2006 to 2009
MOENSSENS, Andre	University of Missouri	2005 a la fecha
MOSES, Ken	San Francisco Police, California	1996 to 1997
MULHOLLAND, Eugene	Federal Bureau of Investigation	1995
NEUMANN, Cedric	Pennsylvania State University	2008 a la fecha



NOMBRE	AGENCIA	FECHAS
NEUNER, John	North Carolina State Crime Lab	1995
NIELSON, John	Wisconsin Department of Justice	1995 to 1996
NIMMICH, Ken	Federal Bureau of Investigation	1995 to 1996
PARKER, Charles	Corpus Christi Police, Texas	1996 to 2002
PASE, Barbara	Federal Bureau of Investigation	1996 to 2002
REES, Alison	Alcohol, Tobacco, Firearms, MD	2008 a la fecha
RICHARDSON, Charles	Drug Enforcement Agency, VA	1996 a la fecha
RIDGELY, JAMES	Federal Bureau of Investigation	1995
ROBERTS, Maria Antonia	Federal Bureau of Investigation	2008 a la fecha
ROONEY, Larry	Suffolk County Police, New York	1996 to 1997
SAUNDERS, John	Federal Bureau of Investigation	1996
SCHENCK, Rodney	United States Army Crime Lab	2008 a la fecha
SCHWARZ, Matt	Private Examiner	2011 a la fecha
SHANE, Curtis	Federal LE Training Center, GA	1995 to 1996
SIBERT, Robert	Federal Bureau of Investigation	2000 to 2001
SIMONS, Allyson	Federal Bureau of Investigation	1996 to 2000
SOLTIS, Greg	Federal Bureau of Investigation	2004 a la fecha
SPADAFORA, Anthony	Wisconsin Department of Justice	11996 to 2000
SPARKS, Claude	Federal Bureau of Investigation	1995
SPECKELS, Carl	Phoenix Police, Arizona	2008 a la fecha
SPRINGS, James	South Carolina Law Enforcement	1995 to 1997
STIMAC, Jon	Oregon State Police	2000 a la fecha
STONEY, David	Private Examiner	2011 a la fecha
THOMPSON, Lyla	Johnson County Sheriff, Kansas	1998 a la fecha
TRIPLETT, Michele	King County Sheriff, Washington	2007 a la fecha
TROZZI, Tim	Federal Bureau of Investigation	1996 to 1999
VANDERKOLK, John	Indiana State Police	1996 a la fecha
WALLACE, James	Las Vegas Metro Police, Nevada	2007 to 2009
WEIR, Maria	Los Angeles Sheriff's Department, CA	2010 a la fecha
WERTHEIM, Kasey	Mississippi Crime Laboratory	2003 a la fecha
WERTHEIM, Pat	United States Army Crime Lab	1996 a la fecha
WIENERS, Mike	Federal Bureau of Investigation	1996 to 2004
WILLIS, Bill	FL Department of Public Safety	1996 to 2005
ZABINSKI, Mark	Rhode Island State Crime Lab	2000 to 2009
ZAMORA, Rodolfo	Mesa Police, Arizona	1999 to 2008
ZERCIE, Kenneth	Connecticut State Police	1996 to 2005

COMITÉ PERMANENTE DE ANÁLISIS DECADACTILAR

NOMBRE

AGENCIA

FECHAS

BLUE, Kenneth	TN Bureau of Investigation	2008 to 2011
BOURQUE, Camille	Los Angeles Police Dept., CA	2008 a la fecha
BURKE, Kevin	Andover Police Department, MA	2008 a la fecha
COTTON, David	FBI - CJIS Division	2008 a la fecha
CRAIG, Jamie	DHS Fingerprint Center, CA	2011 a la fecha
GORDEN, Michael	FBI - CJIS Division	2008 a la fecha
MAYNARD, Mona Lisa	Ohio Bureau of Crim. Ident.	2008 to 2009
MEANS, Joseph	SC Law Enforcement	2008 a la fecha
MILLER, Judith	TX Dept. of Public Safety	2008 a la fecha
SMITH, Charles	FBI - CJIS Division	2010 a la fecha
WHITNEY, Candy	FBI - CJIS Division	2008 to 2010
YADA, Kimberly	Portland Police, OR	2008 a la fecha



APÉNDICE D: TERMINOLOGÍA ESTÁNDAR DE SWGFAST SOBRE LA EXAMINACIÓN DE HUELLAS DACTILARES, VER. 3.0

Preámbulo Este documento proporciona definiciones estándar para la terminología pertinente utilizada en la disciplina de las crestas de fricción. Las definiciones comunes que se encuentran en otras fuentes de referencia pueden no estar incluidos.

ACE-V. El acrónimo de un método científico; Análisis, Comparación, Evaluación y Verificación (ver términos individuales).

Adecuado. La determinación de que existe suficiencia en una impresión de ser de valor para su posterior análisis o comparación.

AFIS. El acrónimo de Sistema de identificación automatizado de huellas dactilares, un término genérico para un juego de huellas digitales, almacenamiento y sistema de recuperación.

Análisis. El primer paso del método de ACE-V. La evaluación de una impresión para determinar la idoneidad para la comparación.

APIS. El acrónimo de Sistema de Identificación Automatizada de huellas palmares, un término genérico para una huella palmar (o ejemplar completo de cresta de fricción) coincidente, su almacenamiento y sistema de recuperación.

Aptitud. La demostración continua de competencias.

Arco - llano. Un tipo de patrón en el que las crestas de fricción entran por un lado de la impresión y fluyen, o tienden a fluir, hacia el otro lado con un incremento o una onda en el centro.

Arco – tendido. Un tipo de patrón que posee un ángulo, un empuje hacia arriba, o dos de las tres características básicas del bucle.

Artefacto. 1. Cualquier distorsión o alteración no en la impresión de las crestas de fricción original, producida por un agente o acción exterior.

2. Cualquier información no presente en el objeto o la imagen original, inadvertidamente introducido por la captura de imágenes, procesamiento, compresiones, transmisión, exhibición o impresión.

Articulación (del dedo). La zona de bisagra que separa los segmentos del dedo.

Bifurcación. El punto en el que una cresta de fricción se divide en dos crestas de fricción.

Calidad. La claridad de la información contenida dentro de una impresión de crestas de fricción.

Cantidad. La cantidad de información contenida en una impresión de crestas de fricción.

Características. 1. Detalles distintivos de las crestas de fricción, incluyendo el nivel 1, 2 y 3 de detalles (también conocidos como detalles).

2. Los detalles distintivos de las crestas de fricción, incluyendo el nivel 1, 2 y 3 detalles (también conocidos como características).

Caso de impresión mayor. Un registro sistemático de los detalles de las crestas de fricción que aparece en los lados palmares de las manos. Esto incluye los lados extremos de las palmas, las articulaciones, las puntas, y los lados de los dedos (también conocidos como ejemplares completos de crestas de fricción).

Centro. 1. El centro aproximado de un patrón de huella dactilar.

2. Una formación específica dentro de un patrón de huella, definida por los sistemas de clasificación como Henry.

Clasificación de patrones. Sub-división del tipo de patrón, definido por los sistemas de clasificación como el National Crime Information Center (NCIC) o el Henry.

Clasificación Henry. Un sistema alfanumérico de clasificación de huellas dactilares el nombre de Sir Edward Richard Henry utiliza para la presentación, búsqueda y recuperación de registros decadactilares.

Comparación. El segundo paso del método de ACE-V. La observación de dos o más impresiones para determinar la existencia de discrepancias, diferencias o similitudes.

Competencia. La posesión y la demostración de los conocimientos necesarios, destrezas y habilidades para llevar a cabo con éxito una tarea específica.

Conclusión. Determinación realizada durante la etapa de evaluación del ACE-V, incluyendo la individualización, inconclusión o exclusión.

Conflicto. A diferencia de las determinaciones o conclusiones se hace evidente durante o al final de un examen.

Consulta. Una interacción significativa entre los examinadores con respecto a una o más impresiones en cuestión.

Cresta corta. Una sola cresta fricción única, comienza, recorre poca distancia y luego termina.

Cresta incipiente. Una cresta de fricción no completamente desarrollada que puede aparecer más corto y más delgado que las crestas de fricción completamente desarrolladas.

Crestas de fricción. Una porción elevada de la epidermis en la piel palmar o plantar, que consiste en una o más unidades de crestas conectadas.

Crestas disociadas. 1. Interrumpidas, distinto a las crestas de fricción continuas.

2. Un área de unidades de crestas de fricción que no formaban en crestas de fricción, por lo general debido a una anomalía genética.

Decadactilar. 1. Una referencia genérica a exploraciones realizadas en grabados intencionales de impresiones de crestas de fricción.

2. Una grabación controlada de los dedos disponibles de un individuo mediante tinta, escaneo electrónico, o cualquier otro medio.

Delta. El punto en una cresta de fricción próxima al punto de divergencia de dos líneas, situada en, o directamente delante del punto de divergencia. También conocido como tri-radio.

Desviación. 1. Un cambio en la ruta de las crestas de fricción.

2. Una alteración o desviación de una política documentada o procedimiento estándar.

Detalle nivel 1. Flujo de fricción cresta, tipo de patrón, y la información morfológica general.

Detalle nivel 2. Trayectorias individuales de crestas de fricción y eventos asociados, incluyendo minucias.

Detalle nivel 3. Atributos dimensionales de crestas de fricción, tales como ancho, formas de borde, y los poros.

Detalles de las crestas de fricción (morfológica). Un área formada por la combinación de flujo de crestas, características de la cresta, y la estructura de cresta.

Detalles Galton. Término que se refiere a las características de crestas de fricción (también conocidos como minucias) atribuye a la investigación pionera de la huella dactilar Inglés, Sir Francis Galton.



Dirección de crestas. 1. La dirección de uno o más crestas de fricción.

2. Un componente de Nivel 1 detalle.

Discrepancia. La presencia de detalles de la cresta de fricción en una impresión de que no existe en el área correspondiente de otra impresión (comparar con disimilitud).

Disimilitud. A diferencia de aspecto entre dos impresiones de crestas de fricción (comparar con discrepancia).

Distorsión. Las variaciones en la reproducción de la piel fricción causada por factores tales como la presión, el movimiento, la fuerza, y la superficie de contacto.

Ejemplares. Las huellas de un individuo, asociados a una identidad conocida o reclamado, y deliberadamente registran electrónicamente, por la tinta, o por otro medio (también conocidos como grabados conocidos).

Ejemplares de crestas de fricción completos. Un registro sistemático de todos los detalles de las crestas de fricción que aparecen en los lados palmares de las manos. Esto incluye los lados extremos de las palmas, las articulaciones, puntas y lados de los dedos (también conocidos como grandes impresiones de caso).

El sesgo de confirmación. La tendencia a buscar datos o a interpretar la información de una manera que apoya uno de los preconceptos.

Estudio de las aristas. 1. Estudio de las características morfológicas de las crestas de fricción.

2. contorno o forma de los bordes de crestas de fricción.

Evaluación. La tercera etapa del método ACE-V en la que un examinador evalúa el valor de los detalles observados durante el análisis y los pasos de comparación y llega a una conclusión.

Exámenes complejos. El encuentro de circunstancias poco comunes durante un examen (por ejemplo, la existencia de distorsión de alta, de baja calidad o cantidad, la posibilidad de la simultaneidad, o conflictos entre los examinadores).

Examinador de crestas de fricción. Una persona que analiza, compara, evalúa y verifica impresiones crestas de fricción.

Exclusión. La determinación por un examinador que hay suficiente calidad y cantidad de detalle en desacuerdo con la conclusión de que dos áreas de impresiones crestas de fricción no se originó de la misma fuente.

Exclusión errónea. La determinación incorrecta de que dos áreas de impresiones crestas de fricción no se originó de la misma fuente.

Falange. 1. Un hueso del dedo o dedo del pie.

2. A veces usado para referirse a un segmento de un dedo.

Fin de la cresta. Una sola crestas de fricción que termina dentro de la estructura de las crestas de fricción.

Fuente. Un área de la piel de crestas de fricción de un individuo a partir del cual se origina una impresión.

Grabados conocidos (dedo, palma y pie). Las huellas de un individuo, asociados a una identidad conocida o reclamado, y deliberadamente registran electrónicamente, por la tinta, o por otro medio (también conocido como ejemplos).

Grupo de destino. Un grupo distintivo de características de cresta (y sus relaciones) que puede ser reconocida.

Huellas dactilares. Una impresión de las crestas de fricción de la totalidad o cualquier parte del dedo.

IAFIS. El acrónimo para Sistema de Identificación Automática de Huellas Dactilares Integrado, del.

Identificación. 1. Consulte la individualización.

2. En algunas disciplinas forenses, este término denota la similitud de características de clase.

Imagen primaria. La primera grabación de una imagen sobre los medios de comunicación.

Impresión. Detalles de las crestas de fricción depositada sobre una superficie.

Impresión latente. 1. Impresión transferida de crestas de fricción de detalles no fácilmente visibles.

2. Término genérico utilizado para el detalle de la cresta de fricción depositada involuntariamente.

Impresión palmar. Una impresión de las crestas de fricción de la totalidad o cualquier parte de la superficie palmar de la mano.



Impresión simultánea. Dos o más impresiones de crestas de fricción de la misma mano o el pie depositados simultáneamente.

Impresiones de la eliminación. Ejemplos de detalles de la piel de la cresta de fricción de las personas que se sabe tienen acceso legítimo a algún objeto o ubicación.

Individualización errónea. La determinación incorrecta de que dos áreas de impresiones crestas de fricción se originó de la misma fuente.

Individualizaciones perdidas. El fracaso para hacer una individualización cuando en realidad ambas impresiones crestas de fricción son de la misma fuente.

La imagen original. Imagen de primaria; con respecto a las imágenes digitales, una réplica exacta (valor de bit a bit) de la imagen principal.

La individualización. La determinación por un examinador que no es suficiente calidad y la cantidad de detalle de acuerdo a la conclusión de que dos impresiones de crestas de fricción se originaron de la misma fuente.

Marcos. Término comúnmente utilizado en el Reino Unido y algunos países de la Commonwealth para designar una huella latente.

Material de toma de impresión. Un adhesivo u otro medio utilizado para transferir una impresión crestas de fricción de un sustrato.

Matriz. La sustancia que se deposita o se elimina por la piel de las crestas de fricción al hacer una impresión.

Minucias. Eventos a lo largo de la trayectoria de crestas, incluyendo bifurcaciones, termino de crestas, y puntos (también conocidos como detalles Galton).

NGI. El acrónimo de la Próxima Generación de Identificación, la versión actualizada de IAFIS.

No concluyente. La determinación por un examinador que no hay ni un acuerdo suficiente para individualizar, ni suficiente desacuerdo excluir.

Parcialidad. Ver sesgo cognitivo, el sesgo de confirmación, y el sesgo contextual.

Poroscopía. Un estudio del tamaño, la forma y disposición de los poros.

Presilla. Un tipo de patrón en el que uno o más crestas de fricción entran por un lado, recurvan, tocan o pasan una línea imaginaria entre el delta y el núcleo y fluyen hacia fuera, o tienden a fluir hacia fuera, por el mismo lado que entraron las crestas de fricción. Los tipos incluyen bucles inclinados izquierdos, en los que el patrón fluye a la izquierda en la impresión; bucle derecho, en el que el patrón fluye hacia la derecha de la impresión; bucles radiales, en los cuales el patrón fluye en la dirección del radio del hueso del antebrazo (hacia el pulgar); bucles cubitales, en los cuales el patrón fluye en la dirección del hueso del cúbito del antebrazo (hacia el dedo meñique).

Puente. Una cresta de fricción de conexión entre un ángulo recto con crestas de fricción paralelas.

Punto. Una unidad de crestas de fricción aislada cuya longitud se aproxima a su ancho de tamaño.

Puntos focales. 1. En la clasificación, el núcleo (s) y el delta (s) de una huella dactilar.

2. Otro término para el grupo objetivo.

Recinto. Una sola cresta de fricción que se bifurca y se reincorpora después de un curso corto y continúa como una sola cresta de fricción.

Revisión técnica. Revisión de notas, documentos y otros datos que forman la base para una conclusión científica (ver Manual ASCLDLAB 2008).

Segmento (del dedo). El proximal, medial, o de la sección distal del dedo.

Sesgo cognitivo. El efecto de los procesos perceptivos o mentales sobre la fiabilidad y la validez de las observaciones y conclusiones de uno.

Sesgo contextual. El efecto de la información o de las influencias externas sobre la evaluación e interpretación de los datos.

Solitaria. Un segmento de una impresión simultáneo que tiene información suficiente para llegar a una conclusión de la individualización independiente de otras impresiones dentro de la impresión global.



Substrato. La superficie sobre la que se deposita una impresión de crestas de fricción.

Suficiencia. El producto de la calidad y cantidad de los datos objetivos en observación (por ejemplo, las crestas de fricción, pliegue, y las características de la cicatriz).

Suficiente. La determinación de que existe suficiencia en una comparación para llegar a una conclusión en la fase de evaluación.

Surcos. Valles o depresiones entre crestas de fricción.

Tipo de líneas. Las dos crestas de fricción más íntimas asociados con un delta de ese paralelo, divergen, y rodean o tienden a rodear el área de patrón.

Tipo de Patrón. Patrón fundamental del flujo de crestas: arco, lazo, verticilo. Arcos se subdividen en arcos lisos y tiendas de campaña; lazos se subdividen en radial y cubital; verticilos se subdividen en verticilos lisos, dobles lazos, lazos de bolsillo, y verticilos accidentales.

Tolerancia. La cantidad de variación en la apariencia de las características de crestas de fricción que se permite durante una comparación; se debe hacer una impresión correspondiente disponible.

Trayectoria de las crestas. 1. El curso de una sola cresta de fricción.

2. Un componente de Nivel 2 detalle.

Trifurcación. El punto en el que una cresta de fricción se divide en tres crestas de fricción.

Unidad de crestas. Ver unidad de crestas de fricción.

Unidad de crestas de fricción. Una sección individual de la cresta que contiene un poro.

Verificación. La aplicación independiente del proceso de ACE como la utiliza un examinador posterior para apoyar o refutar las conclusiones del examinador originales; esto puede llevarse a cabo como la verificación a ciegas. La verificación puede ser seguida por un cierto nivel de crítica como lo especifica la política de la dependencia.

Verificación a ciegas. El examen independiente de una o más impresiones de crestas de fricción en cualquier etapa del proceso de ACE por otro examinador competente que está dotado o no, de información contextual limitada, y no tiene ninguna expectativa o conocimiento de las determinaciones o conclusiones del examinador original.

Vertice. Una bifurcación con una cresta de fricción corta que se ramifica partiendo de una cresta de fricción más larga.

Verticilo - accidental. 1. Un tipo de patrón que consiste en la combinación de dos tipos diferentes de patrones (excluyendo el arco liso) con dos o más deltas.

2. Un tipo de patrón que posee algunos de los requisitos para dos o más tipos diferentes de patrones.

3. Un tipo de patrón que no se ajusta a ninguna de las definiciones de un patrón.

Verticilo doble bucle. Un tipo de patrón que consta de dos formaciones de bucle separadas con dos conjuntos separados y distintos de los bordes y dos deltas.

Verticilo - liso. Un tipo de patrón de huella digital que consta de una o más crestas de fricción que hacen, o tiende a hacer, un circuito completo, con dos deltas, entre los cuales, cuando se dibuja una línea imaginaria, al menos una cresta de fricción curva dentro del área de patrón interno se corta o toca.

Verticilo - presilla central. Un tipo de patrón que tiene dos deltas y al menos una cresta de fricción que hace, o tiende a hacer, un circuito completo, que puede ser espiral, ovalado, circular, o cualquier variante de un círculo. Una línea imaginaria dibujada entre ambos deltas no debe tocar o cruzar las crestas de fricción curvas dentro del área de patrón interno.

Acerca del Instituto Nacional de Justicia

El Instituto Nacional de Justicia, la agencia de investigación, desarrollo y evaluación del Departamento de Justicia, se dedica a mejorar nuestro conocimiento y comprensión de los problemas de la delincuencia y la justicia a través de la ciencia. El Instituto Nacional de Justicia (NIJ) proporciona conocimientos y herramientas para reducir la delincuencia y promover la justicia, sobre todo a nivel estatal y local.

Esta misión del NIJ se regirá por los siguientes principios objetivos e independientes:

- La investigación puede hacer una diferencia en las vidas de las personas, en la seguridad de las comunidades y en la creación de un sistema de justicia más eficaz y justo.
- La investigación financiada por el gobierno debe adherirse a los procesos de competencia justa y abierta guiada por rigurosa revisión paritaria.
- Programa de investigación del NIJ debe responder a las necesidades reales de las víctimas, las comunidades y los profesionales de la justicia penal.
- El NIJ debe alentar y apoyar a los métodos de investigación innovadores y rigurosos que pueden proporcionar respuestas a preguntas básicas de investigación, así como soluciones prácticas aplicadas a la delincuencia.
- Las asociaciones con otros organismos y organizaciones, públicas y privadas, son esenciales para el éxito de NIJ.

El Instituto Nacional de Justicia es un componente de la Oficina de Programas de Justicia, que también incluye la Oficina de Asistencia; la Oficina de Estadística de Justicia; la Oficina de Desarrollo de Capacidades de la Comunidad; la Oficina para Víctimas del Delito; la Oficina de Justicia Juvenil y Prevención de la Delincuencia; y la Oficina de Sentencia a Delincuentes Sexuales, de Monitoreo y Apreensión (SMART).

Nuestras autoridades principales se derivan de:

- La Ley de Calles Seguras y Control del Delito en Omnibuses de 1968, modificada (véase 42 USC §§ 3721 a 3723)
- Título II de la Ley de Seguridad Nacional de 2002
- Ley de Justicia para Todos, 2004

Para saber más sobre el Instituto Nacional de Justicia, por favor visite:

www.nij.gov

O póngase en contacto con:

Justicia Penal Nacional
Servicio de Referencia
Apartado postal 6000
Rockville, MD 20849-6000
800-851-3420

www.ncjrs.gov

