JUAN EDSON SANTOS LOVATON

ANALISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE MEDIANTE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

EDICIONES JURIDICAS DE SANTIAGO
EJS

ANÁLISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE MEDIANTE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

SEGUNDA EDICIÓN CORREGIDA Y AMPLIADA

Todos los derechos de esta publicación están reservados y rige la prohibición de ser reproducida, en todo o en parte, ni registrada o transmitida por sistema alguno de recuperación de información, en ninguna forma o medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin permiso previo, por escrito, de los sucesores del autor.

ANÁLISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE MEDIANTE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE
© JUAN EDSON SANTOS LOVATÓN

© EDICIONES JURÍDICAS DE SANTIAGO
www.ejs.cl • contacto@ejs.cl • Fono 22 6034532

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción Nº 232253
Santiago de Chile

Editor Responsable:
Michel Herrera Cea

Diseño de portada y diagramación:
Rodrigo Marcos Quezada

Se terminó de imprimir esta segunda edición corregida y ampliada, en el mes de noviembre de 2016.

Impreso en Talleres Propios

ISBN Nº 978-956-8285-74-6

IMPRESO EN SANTIAGO DE CHILE / PRINTED IN SANTIAGO OF CHILE

JUAN EDSON SANTOS LOVATÓN
Biólogo Forense y Criminalista
Instituto Peruano de Ciencias Forenses-IPCF
Departamento de Criminalística de la Policía Nacional del Perú-PNP.

ANÁLISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE MEDIANTE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

SEGUNDA EDICIÓN CORREGIDA Y AMPLIADA

EDICIONES JURÍDICAS DE SANTIAGO

"Se puede vivir sin belleza, sin riqueza y hasta sin salud, así se vive mal pero se vive, mientras que sin justicia es imposible vivir".

Manuel Kant

"La voz de la sangre de tu hermano clama a mí justicia desde la tierra".

Génesis (1:4:10)

"La evidencia física no puede ser intimidada. Ella no olvida. Se sienta y espera a ser detectada, conservada, evaluada, y explicada".

Herbert León MacDonell

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Juan y Chela, por su amor y sacrificio permanente.

A mis hijos Santiago y Valeria quienes son el motivo de mi lucha constante.

A mi amigo el Lic. José Manuel Antonio Duarte Ulloa, por su apoyo constante.

PRÓLOGO

Durante décadas, las relaciones entre el Derecho Procesal Penal y la Criminalística, se han caracterizado en gran medida por el mutuo desconocimiento, como si estas dos disciplinas se ocuparan de sectores del ordenamiento jurídico sin ningún tipo de relación entre sí. Para superar esta deficiencia tenemos un solo camino: derribar las rígidas fronteras que separan la Ciencia Criminalística del Derecho Penal.

Resulta penoso tener que reconocer que, a más de un siglo de la existencia de la disciplina Criminalística, muchos casos, siguen sufriendo las consecuencias de una actuación deficiente por parte de Investigadores Policiales y del Ministerio Público, quienes por desconocimiento o negligencia no entienden su rol en un determinado caso, lo cual se refleja en el modo de realizar su tarea.

La serie de indicios que encierra el escenario criminal constituye una realidad incontrastable de lo que realmente ha ocurrido en él, y no se los debe desperdiciar destruyéndolos con un manejo inadecuado. Con seguridad que en algún lugar de la escena está ese vestigio que permitirá hilvanar con precisión la relación víctima-victimario; lo importante es ubicarla y eso dependerá del apoyo de técnicos y profesionales de la investigación pericial Criminalística.

La confesión voluntaria de un sospechoso ya no es el modo fácil de resolver un caso. Hoy, los enormes avances tecnológicos basados en el amplio campo de las Ciencias Físicas y Biológicas están introduciendo importantes innovaciones en la investigación del delito. Estas nuevas tecnologías, están cambiado las formas clásicas de la investigación criminal y

aunque la labor del investigador policial, continúa siendo muy importante, los jueces penales confían hoy, cada vez más, en la destreza del científico forense para que proporcione evidencias físicas e irrefutables.

Así como cadáver y escena, forman un binomio inseparable, la sangre es el elemento que habitualmente los acompaña; pero no siempre es posible encontrarla, no porque no exista, sino porque pudo proyectarse en finísima salpicadura, escurrimiento o haberse intentado hacerla desaparecer. Pero también hay que tener presente que más importante que la abundancia es el hallazgo del micro rastro denunciador.

Por ello, para su ubicación, se exige una búsqueda rigurosa, paciente y un buen rastreo hematológico por parte del Perito, durante la Inspección Técnico Biológica, quien debe demostrar que es sangre y de procedencia humana, y si ello sucede, habremos obtenido, desde el inicio, importante material indiciario que permitirá orientar correctamente el proceso investigatorio y construir una Teoría del Caso con un componente fáctico sólido.

El Dr. Juan Edson Santos Lovatón, reconocido Biólogo Forense y eximio Perito de la Escena del Crimen del Laboratorio de Criminalística de Arequipa, en razón de su sólida formación académica, posee el perfil profesional indicado para enfrentar este tema tan vasto como complejo y al entregarnos esta valiosa obra: Análisis Reconstructivo Forense por Patrones de Manchas de Sangre, lo ha hecho, no solo con la sapiencia y maestría que le confiere una larga y rica experiencia práctica, sino también con didáctica, resultante de una férrea voluntad de aprender para poder instruir cada vez mejor.

El Libro que hoy esta nuestras manos, está llamado a convertirse en un Texto obligado de consulta. Todo aquel que trabaje la escena del crimen, homicidios, suicidios, delitos violentos en general, tendrá que recurrir a ella. La obra, no solo será útil para

los pesquisas y peritos de la Policía Nacional, sino también para Los miembros del Ministerio Público y Poder Judicial que hoy tienen grandes desafíos en el marco del Nuevo Código Procesal, así como para Abogados Litigantes que hoy, en el nuevo proceso penal han dejado su rol tradicional, para convertirse en Abogados Investigadores.

Mi más sincera felicitación al autor de la obra por el acierto y el rigor alcanzado en su trabajo nada sencillo y nos felicitamos todos de poder disponer y disfrutar de este magnífico libro que nos permitirá saber más y sobre todo trabajar mejor, porque la sociedad peruana hoy, así lo exige.

DR. LUIS ALBERTO TORIBIO PAULINO

Abogado y Magister en Criminalística
Ex Oficial de Investigación Criminal y Especialista en Homicidios de la Policía Nacional del Perú (PNP)
Diplomado en Técnicas de Litigación Oral, Diplomado en Medicina Legal y Ciencias Forenses.
Con estudios en Análisis Criminal en la Academia de la Policía de Luisiana de Estados Unidos, Policía de Investigaciones de Chile (PDI), Policía Federal de Argentina (PFA).
Profesor Visitante de la Fiscalía General de Panamá.
Docente en la Escuela de Post Grado de la Policía Nacional del Perú (PNP) y la Academia de la Magistratura (AMAG).
Instructor en Investigación Criminal y Criminalística de ICITAP-México, Departamento de Justica de los Estados Unidos.

SOBRE ESTE LIBRO

La primera acepción que da la Real Academia Española a la palabra "Comentario" es la de una "explicación de un texto para su mejor intelección". Cuando se me confió "comentar" el libro del Biólogo Forense Juan Santos Lovatón, ANÁLISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE POR PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE, automáticamente me resistí al concepto de intentar explicarlo. La obra rezuma calidad por todos sus poros; de qué manera puede uno, desde la humilde perspectiva que da la visión de ciencia, desplegar un texto que ha sido concebido con la creatividad, calidez, actualidad y pormenorización de detalles, tal y como se presenta. El autor es docente, y eso es notable en cada una de las expresiones utilizadas a lo largo del centenar de páginas que ocupa. Sea desde su inicio, abordando la misma historia de esta tremenda (e irresistible) herramienta, hasta su destacado aporte a la adhesión y utilización de protocolos internacionales, el Análisis de las Manchas de Sangre se constituye en un feroz mecanismo para la investigación criminal en manos y entendimiento de Juan, traducido esto a la capacitación del perito.

¿Cómo pretender mejorar su "intelección", su "comprensión", cuando cada Capítulo ha sido desarrollado de la manera más intuitiva, clara, gráfica y precisa posible? El tema sin dudas es apasionante, atractivo, pero el autor va todavía más allá. Cada segmento de la obra es expuesto y discutido de manera cruda, con la misma necesaria internalización que el investigador debe a su tarea diaria. Porque Lovatón no es solo docente, también es perito. Y habla porque sabe del tema.

Me quedo entonces con la segunda acepción de la RAE a la palabra "Comentario": "Juicio, parecer, mención o consideración que se hace, oralmente o por escrito, acerca de alguien o algo", y ese "alguien" será mi amigo Juan Santos Lovatón. Cada conversación con él es un ceremonial de sabiduría… cada idea un banquete de creatividad. "*ANÁLISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE MEDIANTE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE",* le representa en cada página, en cada palabra.
Y escucharemos hablar mucho de mi amigo.

PROFESOR. DR. GABRIEL MARIO FONSECA

PhD. Odontología y Odontólogo Forense
Diplomado en Investigación Criminal
Profesor Asociado de la Universidad de la Frontera de Temuco
Profesor Titular de la Universidad Nacional de Córdoba
Director del Equipo y Laboratorio de Pericias en Odontología Forense (LPO)
Presidente de la Sociedad de Odontoestomatólogos Forenses Iberoamericanos (S.O.F.I.A)
Asesor en Odontología Forense y Patología Forense.

A PROPÓSITO DE UN LIBRO

Debo empezar señalando que me resulta muy grato referirme al texto que ha escrito mi apreciado amigo, el destacado Biólogo Forense Juan Santos Lovatón. En un ámbito como el nuestro: el de la Medicina Legal y disciplinas afines, en el cual las publicaciones, sobre todo las originales y de calidad son más bien escasas, el texto que el Dr. Santos Lovatón entrega a la comunidad científica nos llena de satisfacción.

Es un libro serio, ordenado, preciso, de fácil lectura y entendimiento y por su originalidad, no me cabe ninguna duda de que habrá de convertirse en un referente para la disciplina.

En el mundo actual, en el cual la delincuencia extrema recursos para causar el mal, quienes luchamos contra ella debemos contar con los mejores recursos para enfrentarla y mantenerla a raya.

Bienvenidos sean todos los recursos necesarios. Y bienvenido sea, por lo que ya he señalado de él, el libro del Dr. Santos.

"Análisis reconstructivo forense mediante patrones de sangre". Su solo nombre aconseja que sea uno de los libros de cabecera del investigador criminalista. Sólidamente organizado cubre las múltiples facetas que comprende el estudio científico de las huellas de sangre. No está de más recordar que en la inmensa mayoría de los hechos violentos contra las personas este es el rastro más frecuente que se encuentra en el sitio del suceso, en los diversos soportes, en las personas... De ahí, la obligación del

perito en orden a "hacerlo hablar ", de modo que nos entregue el máximo posible de información para la solución del problema en estudio.

Creo poder afirmar con una profunda convicción, que el libro del Dr. Juan Santos Lovatón se va a constituir en una gran ayuda para todo aquel que sienta pasión por su quehacer, para todo aquel que desde las diversas posiciones de la investigación criminal lucha contra el delito y sus múltiples manifestaciones. Y creo que se constituirá también, en un valioso apoyo para el estudioso de la ciencia criminalística, médico legal y también para el estudiante, el alumno que sueña con llegar a ser un investigador de nota en el ámbito de las ciencias forenses.

PROFESOR. DR. LUIS SILVIO CIOCCA GÓMEZ

Odontólogo Forense
Director de la especialidad en Odontología Legal y Forense, Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.
Ex Director del Departamento de Medicina Legal de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

COMENTARIO

Creo que ser designado para realizar un comentario, hacia una obra científica tan importante y a la cual me atañe como perito por haber concurrido a múltiples escenas del crimen, en donde el indicio biológico más predominante es la sangre, consignada dentro del vocablo técnico como fluido hemático, con sus variadas formas geométricas generadas por los fenómenos físicos, y considerando al autor, el Biólogo Forense Juan Santos Lovatón, como una persona profesional y humana, quien da la génesis a este libro "ANÁLISIS RECONSTRUCTIVO FORENSE POR PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE", donde con dedicación y experticia, analiza textos antiguos, apreciando como explicaron esas máculas los diversos autores, con el correr de los años. Muchos de los cuales, de origen nacional o extranjeros, en otras lenguas, y hasta con otra terminología, concurrieron a sitios de ocurrencia de crímenes violentos, preocupados por establecer prueba científica para ser utilizada por la justicia.

El Dr. Santos Lovatón logra reunir los conocimientos forenses basados en patrones de sangre, argumentados en su experiencia como coordinador de grupos periciales, asimismo por haber hecho experiencias de campo y en laboratorio, reproduciendo las mismas formas, estableciendo la altura de caída o la velocidad de proyección de esa evidencia, la cual previamente circulaba en un cuerpo humano y fuera alterada por un agente externo, la cual se transfiere y confiere figuras susceptibles de interpretación forense, ilustradas en el texto de forma entendible.

El contenido científico obrante, será de utilidad a los investigadores en delitos donde existan lesiones, con efectos de intercambio de indicios biológicos de sangre, producto de violencia, de hechos de accidentes, del contacto con agentes vulnerantes como armas, objetos y todo elemento insidioso, que afecta la superficie corporal, conlleva a responder grandes interrogantes para la justicia, desde la posición víctima-victimario, el punto de origen, la cantidad de traumatismos en relación a las improntas halladas en la escena, siendo una herramienta reconstructiva a la hora de expedirse en la mecánica de producción de un suceso, enmarcado en la investigación criminal.

De lo aludido considero que el trabajo que a continuación observarán, posee el marco teórico desde el punto de vista forense, es digno de su autor a quien considero un profesional que se esmera en propagar el apasionante mundo de la interpretación de los patrones hemáticos como herramienta vital para la justicia.

PROF. LIC. MARCELINO LIONEL COTTIER

Comisario Mayor
Licenciado en Criminalísta (UCS)
Técnico Superior en Balística Forense (C.E.C.)
Director de Criminalística, Superintendencia de Policía Científica
Policía de la Provincia de Buenos Aires-PBA, Ministerio de Seguridad
Profesor del Programa Nacional de Criminalística
del Ministerio de Justicia y Derecho Humanos de la Nación
Profesor de Investigación Criminal y Criminalística
Consultor Forense Internacional

INDICE

AGRADECIMIENTOS 7

PRÓLOGO 8

DR. LUIS ALBERTO TORIBIO PAULINO 10

SOBRE ESTE LIBRO 11

PROFESOR. DR. GABRIEL MARIO FONSECA 12

A PROPÓSITO DE UN LIBRO 13

PROFESOR. DR. LUIS SILVIO CIOCCA GÓMEZ 14

COMENTARIO 15

PROF. LIC. MARCELINO LIONEL COTTIER 16

INDICE 17

INTRODUCCIÓN 23

CAPÍTULO I 26

ANTECEDENTES HISTÓRICOS 26

CAPÍTULO II 32

DEFINICIÓN DEL ANÁLISIS DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE 32

CAPÍTULO III 37

ALGUNAS CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS DE LA SANGRE HUMANA 37

1. LA SANGRE 37

2. COMPONENTES DE LA SANGRE 38

A. ERITROCITOS 38

B. LEUCOCITOS 38
C. PLAQUETAS 39
D. SOLUTOS INORGÁNICOS O ELECTROLITOS 39
E. SOLUTOS ORGÁNICOS 40
3. FUNCIONES DE LA SANGRE 41
A. TRANSPORTE 41
B. HOMEOSTÁTICA 42
C. COMUNICACIÓN Y DEFENSA 42
D. PRINCIPALES VÍAS DE CANALIZACIÓN VASCULAR HUMANA 42
CAPÍTULO IV 45
PROPIEDADES FÍSICAS DE LA SANGRE COMO LÍQUIDO 45
CAPÍTULO V 51
RECOLECCIÓN DE EVIDENCIAS HEMÁTICAS, PROCEDIMIENTOS DE BIOSEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA EVIDENCIA SANGUÍNEA EN LA ESCENA DEL CRIMEN 51
1. RECOLECCIÓN DE LA EVIDENCIA HEMÁTICA 51
2. ASPECTOS DE BIOSEGURIDAD DE LA EVIDENCIA HEMÁTICA 53
A. PROTECCIÓN DEL PERSONAL QUE MANIPULA MUESTRAS SANGUÍNEAS 53
B. PROTECCIÓN DE LAS MUESTRAS SANGUÍNEAS 54
I. CONTAMINACIÓN POR MATERIAL BIOLÓGICO HUMANO 55
II. TRANSFERENCIA DE INDICIOS BIOLÓGICOS 55
III. CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA 55
IV. CONTAMINACIÓN QUÍMICA 56
CAPÍTULO VI 58
ANÁLISIS FORENSES PREVIOS AL ESTUDIO RECONSTRUCTIVO DE LAS MANCHAS DE SANGRE 58
1. PRUEBAS DE DETECCIÓN PRESUNTIVA O DE ORIENTACIÓN 58
A. PRUEBA DEL PERÓXIDO 62

B. PRUEBA DE LA BENCIDINA (ADLER) 62
C. PRUEBA DE LA FENOLFTALEÍNA (KASTLE-MEYER) 63
D. PRUEBA DE LUMINOL (QUIMIOLUMINISCENTE) 65
E. PRUEBA DE BLUESTAR ® (QUIMIOLUMINISCEN-TE) 65
F. PRUEBA DE HEMASCEINE (FLUORESCEÍNA) 67
2. PRUEBAS DE CERTEZA DE LA NATURALEZA SANGUÍNEA 69
A. PRESENCIA DE ESTRUCTURAS FORMES (LEUCOCITOS Y ERITROCITOS) EN SANGRE FRESCA Y EN MANCHAS RECIENTES 70
B. FORMACIÓN DE MICROCRISTALES 70
I. CRISTALES DE TEICHMANN 71
II. CRISTALES DE TAKAYAMA 72
3. DETERMINACIÓN DEL ORIGEN HUMANO EN MANCHAS DE SANGRE 73
A. DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS DE LAS CÉLULAS SANGUÍNEAS 73
B. PRUEBAS SEROLÓGICAS (REACCIÓN ANTÍGENO- ANTICUERPO) 74
I. TEST DE LAS INMUNOPRECIPITINAS 74
II. TEST RSID-BLOOD (RAPID STAIN IDENTIFI-CATION BLOOD) 75
III. TEST HEXAGON OBTI 75
IV. MÉTODOS ELECTROFORÉTICOS 76
4. TIPIFICACIÓN SANGUÍNEA 76
A. ANÁLISIS SEROLÓGICO CONVENCIONAL 76
B. ANÁLISIS ELECTROFORÉTICOS 78
C. SISTEMA HLA 78
D. TÉCNICAS DE BIOLOGÍA MOLECULAR 78
I. RFLP-VNTR 79
II. PCR-STR 79
III. SNPS 79
5. ORIGEN DE LA MANCHA DE SANGRE 80

6. CANTIDAD DE SANGRE....82
7. ANTIGÜEDAD DE LA MANCHA DE SANGRE....82
A. CAMBIO DE COLORACIÓN....83
B. SOLUBILIDAD. - DE LA HEMATINA Y PUEDE SER:....85
8. DETERMINACIÓN DE SEXO DE LA MANCHA DE SANGRE....85
CAPÍTULO VII....87
TIPOS DE MANCHAS DE SANGRE CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE IMPACTO: LISA, RUGOSA Y ABSORBENTE....87
CAPÍTULO VIII....91
CLASIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE....91
A. MANCHAS DE SANGRE PASIVAS: GOTEO, ESCURRIMIENTO Y CHARCOS....92
I. EL GOTEO PASIVO....92
II. PISCINAS O CHARCOS....95
III. PATRÓN DE FLUJO O ESCURRIMIENTO....96
IV. COÁGULOS....97
B. MANCHAS DE SANGRE POR TRANSFERENCIA O CONTACTO....98
I. CONTACTO PASIVO....98
II. PATRÓN DE ROZAMIENTO O CONTACTO ACTIVO....100
III. PATRÓN DE LIMPIAMIENTO....102
C. TIPOS DE MANCHAS DE SANGRE ACTIVA, SALPICADA O PROYECTADA....102
I. MANCHAS DE TIPO SALPICADURA POR IMPACTO....103
1. SALPICADURA POR IMPACTO A BAJA VELOCIDAD (LVIS)....103
2. SALPICADURA POR IMPACTO A VELOCIDAD MEDIA (MVIS)....104
3. SALPICADURA POR IMPACTO A VELOCIDAD ALTA (HVIS)....107
II. RETRO SALPICADURA....109
III. SPRY DE SALPICADURA A ALTA VELOCIDAD....110
IV. PATRÓN DE SANGRE LANZADA O ARROJADA....110

V. PATRÓN DE CHORRO ARTERIAL....113
VI. SANGRE EXPIRADA....114
CAPÍTULO IX....119
ANALISIS GEOMÉTRICO DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE SALPICADA....119
1. DETERMINACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE DESPLAZAMIENTO EN MANCHAS ACTIVAS DE SANGRE....120
2. DETERMINACIÓN DEL ANGULO DE IMPACTO....121
3. EL PUNTO O ZONA DE CONVERGENCIA DE UN PATRÓN DE MANCHA DE SANGRE SALPICADA 125
4. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ORIGEN....126
CAPÍTULO X....130
LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE COMO UN MECANISMO DE DATACION....130
CAPÍTULO XI....132
DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE MANCHAS DE SANGRE (SECUENCIA DE EVENTOS)....132
CAPÍTULO XII....134
DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA DE LA EVIDENCIA DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE 134
1. PANORÁMICAS....135
2. MEDIO-RANGO....135
3. PRIMER PLANO O ACERCAMIENTOS....135
CAPÍTULO XIII....137
CONTRASTACIÓN DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE EN LA ESCENA DEL CRIMEN CON LAS LESIONES DE LA VÍCTIMA....137
CAPÍTULO XIV....138
CONSIDERACIONES GENERALES A TENER EN CUENTA A LA HORA DE ANALIZAR PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE....138
CAPÍTULO XV....146

MATERIALES 146

CAPÍTULO XVI 148

GLOSARIO DE TERMINOS DE LA IABPA (ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE ANALISTAS DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE) 148

CAPÍTULO XVII 154

GLOSARIO DE TERMINOS DEL GRUPO CIENTIFICO DE TRABAJO EN ANÁLISIS DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE (SWGSTAIN) 154

BIBLIOGRAFÍA 173

ANEXO 177

TABLA DE FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS 177

FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS 178

INTRODUCCIÓN

En el ejercicio de la práctica judicial penal y a efectos de imponer una adecuada sanción, no siempre es suficiente conocer la identidad del autor del crimen, sino que se necesita conocer información de las condiciones y circunstancias del hecho criminal, así como de los mecanismos y medios empleados en su ejecución.

Las manchas, rastros y huellas dejados en la escena del crimen, son testigos mudos del acto criminal, por lo que el lugar de los hechos constituye la principal fuente de información del delito, siendo las manchas de sangre una de las evidencias más frecuentes en las escenas de crímenes violentos.

Es frecuente que hoy en día, los detectives policiales y los especialistas forenses al ver una mancha de sangre, en vez de analizar la morfología, localización, antigüedad y fotografiarla adecuadamente, se limiten a raspar y recoger una muestra en un hisopo, para enviarla al laboratorio y que en el mejor de los casos, podrá seguramente ayudar a identificar a quién corresponde dicha mancha, pero eso no es suficiente para determinar la autoría de un hecho criminal, se tendrán que ver otros aspectos importantes en la investigación criminal, como son el mecanismo de producción de sangre y su contrastación con las declaraciones de los imputados y en consecuencia, averiguar cómo se desarrollaron los hechos.

Por lo que el estudio de la morfología y geometría de los patrones de manchas de sangre en la escena del crimen, se constituye en una útil y valiosa alternativa tecnológica, que nos puede ayudar a obtener la máxima información y aportar los elementos de juicio que permitirán esclarecer crímenes violentos, ya que es objetivo y sencillo, por cuanto no requiere de elementos muy sofisticados y costosos; simplemente con una calculadora científica, una reglilla milimetrada, un transportador y mucha exactitud en la medida, bastan para que este análisis, ofrezca resultados de gran confiabilidad científica.

Hay quienes creen que el análisis de las manchas de sangre en la escena del crimen es casi un arte. Otros lo ven como una faceta más del quehacer de la criminalística. Pero sin duda es una actividad que requiere de mucho cuidado por los detalles, debido a que la persona encargada de esta tarea debe combinar conocimientos sobre física y geometría aplicada al comportamiento de los líquidos.

Un adecuado estudio de la disposición y forma de las gotas o rastros de sangre en un lugar, puede contribuir a la identificación del autor de un crimen y a la precisa reconstrucción sobre la secuencia de los hechos. Horas de estudio han sido invertidas para comprender el comportamiento de este fluido cuando sale del cuerpo humano, impulsado por alguna fuerza extraña, sea un proyectil de arma de fuego, un golpe o un arma blanca. Una excusa menos para que los crímenes queden impunes.

En razón de lo anteriormente expuesto, el presente texto ha sido diseñado para servir de guía introductoria al análisis reconstructivo forense basado en la morfología de las manchas de sangre, haciendo una revisión de sus principios y conocimientos básicos en la escena del crimen, así como de su aplicación práctica en casos reales, y que sea útil tanto para investigadores criminales policiales o no, abogados, magistrados y fiscales penalistas, profesionales de los diferentes campos de las ciencias forenses, médicos legistas e inspectores de escenas de crimen.

CAPÍTULO I
ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Aunque para muchos esta disciplina es nueva, las referencias históricas publicadas sobre el análisis de patrones de manchas de sangre, demuestran lo contrario. Existe una referencia acerca de un testimonio que usaba la evidencia de salpicaduras de sangre en un ensayo publicado en Londres en 1514.

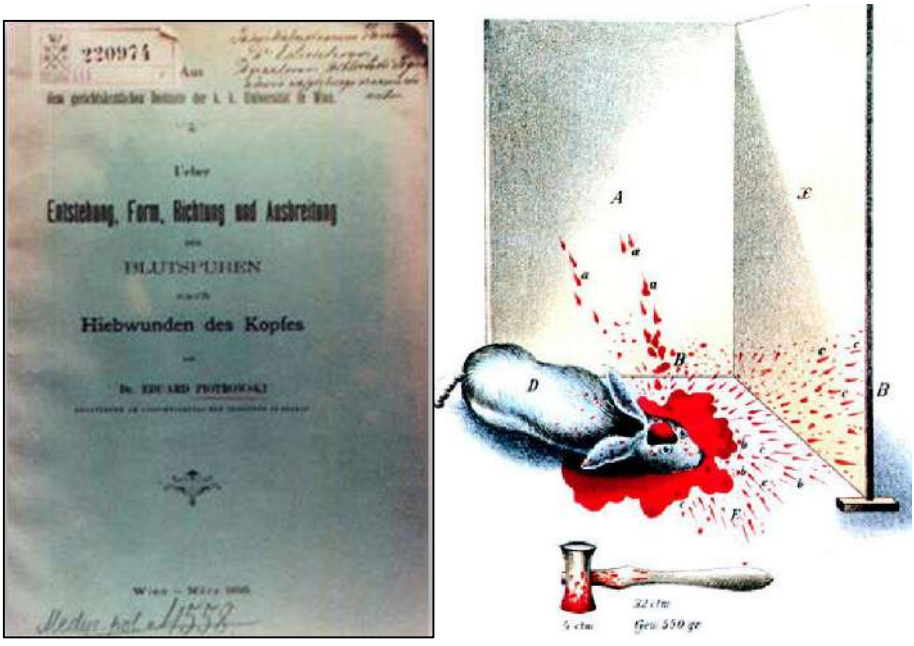


Figura 1. Tapa del libro de E. Piotrowski y Dibujos de los resultados obtenidos de sus experimentos, publicado en 1895 (tomado *de Tom Bevel y Ross Gardner, 2008).*

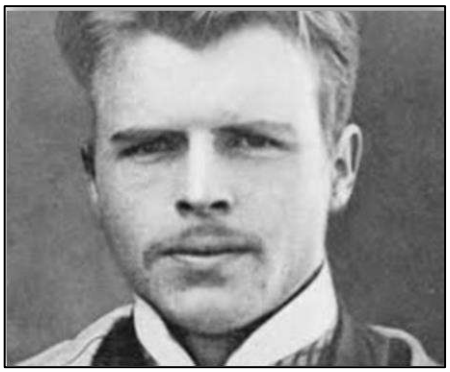


Figura 2. Dr. Edward Piotrowski http://blood-stain-analysis.weebly.com/history.html (IABPA)

Pero quizás la primera referencia formal, sea la publicación del Polaco **EDWARD PIOTROWSKI,** quien, en 1895, publicó en la Universidad de Viena el trabajo titulado "ORIGEN, FORMA, DIRECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS MANCHAS DE SANGRE QUE SIGUEN A LAS LESIONES POR IMPACTO EN LA CABEZA". En su análisis, utilizó conejos para entender cómo la sangre reacciona frente a un impacto violento.

La colección, la documentación y la evaluación de las manchas de sangre fueron ya tratadas también por **HANS GROSS** en el 1894, en su famoso *Handbuchfür Unlersuchungsrichter* (Manual del Juez Instructor).

Figura 3. Fotografía de Johann Baptist Gustav Gross, 1845-1917 (Hanss Gross). Tomado de *Montiel Sosa, Juventino. (2002)*

Figura 4. Fotografía del médico legista francés Víctor Balthazard (1872-1950). Biblioteca de la Academia Nacional de Medicina de Francia.

La primera vez que los principios geométricos de las manchas de sangre fueron utilizados para determinar ángulos del impacto y la convergencia fue en 1939, por el médico legista francés **VÍCTOR BALTHAZARD**, *et al.* París. Presentó un amplio tratado titulado, "*Etude des Gouttes de Sang Projete*" (ESTUDIO DE LAS GOTAS SANGRE SALPICADA), en el XXIII Congreso de Medicina Legal de Francia.

En 1951, el **Dr. PAUL LELAND KIRK**, empieza a promover la interpretación de patrones de manchas de sangre como disciplina científica en los Estados Unidos y en 1956 esta herramienta investigadora fue utilizada en el famoso caso de Sam Sheppard, en Cleveland, Ohio, 1955, donde condujo intensas examinaciones de la escena del crimen de Marilyn Sheppard; uno de los apéndices de su informe pericial trata sobre la interpretación de las manchas de sangre en la escena del crimen.

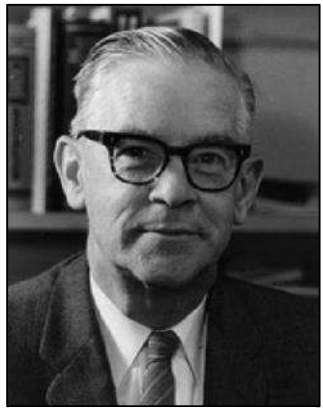


Figura 5. Fotografía del científico forense Paul Leland Kirk (1902–1970). *Tomado de All-about-forensic-science.com/criminalistic*

TERRY LABER Y BARTON EPSTEIN, de la Oficina de Aprehensión Criminal en 1983 en St. Paul, Minnesota,

escribieron el Manual de Laboratorio "EXPERIMENTOS, EJERCICIOS PRÁCTICOS Y ANÁLISIS PARA EL ESTUDIO DE LA SANGRE Y SUS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE.

En los años 1969 a 1971, **HERBERT L. MAC DONNELL** hizo una investigación para el gobierno a cargo de la Secretaría de Justicia de los ESTADOS UNIDOS, publicando su trabajo en 1971, titulado como "*FLIGHT CHARACTERISTICS AND STAIN PATTERNS OF HUMAN BLOOD*" (CARACTERÍSTICAS DE LA PROYECCIÓN Y PATRONES DE LAS MANCHAS DE LA SANGRE HUMANA). Una nueva edición se publicó en 1982, "*BLOODSTAIN PATTERN INTERPRETATION*" (INTERPRETACION DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE).

Figura 6. Fotografía del Profesor HERBERT L. MACDONELL. Tomado de la International Association of Bloodstain Pattern Analysts (IABPA).

Con la publicación de la obra de McDonnell se da inicio a una nueva disciplina en el campo de la criminalística y su enseñanza es casi obligatoria en las principales escuelas formación de oficiales de la ley en el mundo, hasta el punto de existir hoy en día la **INTERNATIONAL ASSOCIATION OF BLOODSTAIN PATTERN ANALYSTS (IABPA)**, ente dedicado a la difusión de los últimos conocimientos en este tema.

Actualmente los norteamericanos ***Tom Bevel y Ross Gardner***, son los difusores y referentes más importantes de esta técnica reconstructiva forense.

Hernán Perico Pulido de Colombia, en el año 2007, hace referencia a la importancia del uso del análisis de las manchas de sangre, como una nueva técnica para el análisis reconstructivo de la escena del crimen y que se debe investigar acerca del tema a fin de implementarlo en su país.

En el Perú no existen los antecedentes o registros escritos del uso de los patrones de manchas de sangre con fines reconstructivos. Quizás la primera referencia de su uso como herramienta forense corresponde a Juan Romero Garrido, Perito de la Dirección de Criminalística de la Policía Nacional, en el caso del homicidio del Arzobispo de la ciudad de Ica Padre Ramón GAMACHE BERUBE, hecho ocurrido en el año 2001.

También quiero mencionar al Criminalista Tulio Muñoz Seminario quien usualmente en sus conferencias mencionaba la importancia reconstructiva de las manchas de sangre, quien despertó mi interés por este tema forense.

En la actualidad existen dos asociaciones internacionales que agrupa a todos los expertos forenses en reconstrucción por patrones de manchas de sangre. Una es la (**IABPA**); Asociación Internacional de Analistas Patrones de Manchas de Sangre, se formó 18 de noviembre de 1983 en Nueva York bajo la dirección de Herbert MacDonell.

La otra asociación es la (**SWGSTAIN**) El grupo Científico de Trabajo en Análisis de Patrones de Manchas de Sangre; creado en marzo de 2002 en una reunión

celebrada por el Laboratorio Forense del FBI en la Academia del FBI en Quántico, Virginia.

CAPÍTULO II

DEFINICIÓN DEL ANÁLISIS DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

Para un mejor entendimiento, empezaremos definiendo el concepto de **mancha**, que no es más que "toda modificación de color, toda suciedad o toda adición de una materia extraña, visible o no en la superficie del cuerpo humano, sobre instrumentos o sobre un objeto cualquiera, determinada por el depósito de un producto líquido, blando y algunas veces sólido, de cuyo estudio se puede establecer relaciones de la participación de una persona o cosa en un hecho delictivo". Tomado de Gisbert Calabuig, Juan. 1992 (4).

Las manchas de sangre son el vestigio más importante y frecuente en crímenes violentos; una vez halladas deberían ser cuidadosamente analizadas bajo todos sus aspectos, los que, si bien en la práctica suelen estudiarse en la intimidad del laboratorio forense, su mayor interés puede verse enfocado en la apariencia y distribución de la sangre, debido a la abundancia de información que puede suministrar a la investigación criminal.

El aspecto de las manchas varía con la antigüedad y el soporte sobre el que caen. En los tejidos absorbentes y claros las manchas presentan un color rojo oscuro, que con el tiempo tiende a ennegrecerse más. Si las manchas han sido lavadas con agua, el color varía desde rosado a amarillento, difundiendo el pigmento a través del tejido en

forma irregular, con lugares más densos que otros. Cuando la mancha presenta características de haber sido lavada, debe ser analizada con mucho cuidado, debido a que puede inducir a errores en los resultados de laboratorio.

En los tejidos oscuros las manchas de sangre pueden no ser visualizables, por lo que, para revelarlas, puede ser necesario utilizar reactivos quimioluminiscentes, como la fluoresceína y el luminol o su presentación más reciente el Bluestar.

Cuando la mancha asienta sobre soportes no absorbentes, forma escamas brillantes o agujas. Si la sangre es reciente, las escamas son rojas, aunque el color depende también del grosor de la escama. Las costras se van haciendo más oscuras con el paso del tiempo.

El análisis de los patrones de manchas de sangre, se puede definir como la examinación de sus formas, localizaciones y distribución, que nos permitan proporcionar una interpretación de los acontecimientos físicos que dieron lugar a su origen.

Los análisis hechos sobre los patrones de la mancha de sangre en la escena o la ropa de los principales sospechosos y víctima, pueden ser utilizados para ayudar a confirmar o refutar las presunciones referentes a acontecimientos y a su secuencia, confirmar o refutar las declaraciones hechas por los principales sospechosos, víctima y testigos, por medio de las siguientes determinaciones:

- El lugar desde donde la sangre fue vertida.
- La dirección y la velocidad del impacto.

- Tipo y número de impactos.
- La posición de la víctima durante el ataque (parada, sentada o echada).
- Arma utilizada.
- Movimientos durante y después del ataque, tanto de la víctima y del atacante (evidencia de lucha).
- Intentos de alterar la escena, limpiado de manchas de sangre transferidas, etc.

La interpretación de los rastros o manchas de sangre encontrados en la escena del crimen, es uno de los aspectos más interesantes del quehacer de los criminalistas, porque cuando se está ante un escenario en el cual aparentemente se cometió un crimen, la detección de estos rastros constituye uno de los primeros indicadores a tomar en cuenta.

Lo primero es determinar si efectivamente ese líquido rojizo es sangre, y si proviene de una fuente humana. En un sitio de suceso, es posible encontrar manchas de líquido sanguíneo de origen animal mezcladas con las de uno o varios seres humanos. Estos aspectos son analizados a través de una disciplina denominada serología. Con ella también se determinan los grupos sanguíneos a los que pertenece cada muestra, e incluso se puede asociar alguna de ellas a un individuo.

Pero, lo que más nos interesa en este momento es el estudio del comportamiento de la sangre como fluido, cuando es derramada o simplemente cae por alguna razón sobre una superficie. Es posible determinar el ángulo de impacto de la sangre sobre una superficie plana al medir el grado de distorsión circular de la gota. En otras

palabras, la forma de la gota tiende a cambiar dependiendo del ángulo de impacto. Si este ángulo disminuye, la gota tenderá a alongarse u ovalarse. En principio, las gotas de sangre tienden a formar círculos perfectos cuando están en el aire, no así por ejemplo las lágrimas. Si una gota de sangre cae sobre una superficie lisa en forma perpendicular desde un cuerpo inerme, al llegar a ella hará salpicaduras en forma más o menos constante en derredor.

El tipo de superficie sobre la que cae la gota de sangre es vital en cada análisis. Mientras la superficie sea más porosa habrá menos salpicadura. Si es lisa y pulimentada, la gota salpicará dependiendo del ángulo de la fuente, y este comportamiento se repetirá en menor magnitud con la propia salpicadura.

Todo esto nos sirve, en fin de cuentas, para saber cómo fue la secuencia lógica de eventos en un sitio del suceso, quiénes participaron y en qué momento, y quiénes no estuvieron allí cuando ocurrió el delito. La información derivada de este análisis puede ser contrastada con otras evidencias y declaraciones, con la finalidad de descartar sospechosos y corroborar –o desmentir– versiones.

Para realizar el análisis de las gotas o manchas de sangre en un escenario criminal, la Oficina Federal de Investigaciones (FBI), recomienda medir y hacer el levantamiento fotográfico de las gotas para establecer los denominados "puntos de convergencia". Los valores de las gotas analizadas deben ser tabulados.

Esta medición también le permite al analista conocer la velocidad de las gotas cuando tocaron la superficie. Esta es

equivalente a la fuerza que la puso en marcha. Puede ser alta, media o baja. Los estudios previos han permitido establecer analogías para el comportamiento de las gotas en determinadas circunstancias. Si este comportamiento no se adapta al patrón conocido, entonces se puede deducir que una fuerza extraña o desconocida actuó sobre el cuerpo que sirvió de fuente para la sangre.

Si un cuerpo se interpone entre la fuente de la sangre y la superficie sobre la que ésta se proyecta, quedará una figura similar a los contornos de ese cuerpo. Todo depende del ángulo con el que la sangre se haya proyectado.

Como en el resto de las áreas o disciplinas de la investigación criminal, el análisis de las manchas de sangre en la escena requiere de cuidado por los detalles. La "presión del tiempo", a la que es sometido el funcionario cuando debe cumplir con múltiples obligaciones a la vez por regla general opera contra la efectividad del trabajo, y abre un espacio para la impunidad.

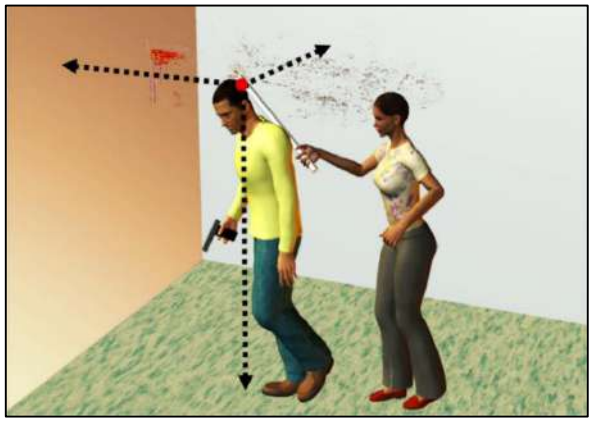


Figura 7. Muestra cómo se originan los patrones de manchas de sangre con relación a hechos criminales. El tamaño, forma y localización de manchas de sangre pueden posicionar el agresor y la víctima dentro de una escena para la reconstrucción de los posibles eventos. Tomado de *International Forensic Experts* (http://webpages.charter.net/pexforensics/fg/blood.html).

CAPÍTULO III

ALGUNAS CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS DE LA SANGRE HUMANA

1. LA SANGRE

Es un tejido particular, rojo, viscoso, coagulable, en el cual la sustancia intercelular circula por el corazón, las venas, arterias y capilares. Químicamente es un sistema heterogéneo, constituido por una fase líquida (plasma) que tiene en suspensión eritrocitos, leucocitos, plaquetas, etc. Transporta oxígeno a los tejidos y dióxido de carbono desde estos hasta los pulmones, sustancias nutritivas absorbidas por los intestinos, sustancias protectoras, anticuerpos, hormonas y colabora en el mantenimiento y regulación de la temperatura corporal, la presión osmótica y arterial y el equilibrio acuoso ácido-base.

- Color: rojo
- Viscosidad: 3.5 - 5.5
- Densidad: 1060 g/mL
- Volumen: 7 - 8 % p.c. (70 ml/kg)
- pH: 7.4 (7.35 – 7.45)
- Temperatura: 38º C
- Conc. sal: 0.85-0.90%
- Hematocrito: 42 – 45 %

Figura 8. Propiedades Físicas de la Sangre.

Este tejido conjuntivo se ha especializado a través de sus células a fin de que le permitan llevar a cabo sus funciones complejas. Aproximadamente para una persona saludable, el 8 al 9 % de su peso total es sangre. Para una persona de 70 Kg., entonces, el volumen de sangre sería aproximadamente 5.6 litros.

- 5 a 6 litros de sangre para los varones
- 4 a 5 litros de sangre para las mujeres

2. COMPONENTES DE LA SANGRE

La sangre tiene tres componentes celulares suspendidos en el plasma y son los eritrocitos, los leucocitos y las plaquetas.

a. Eritrocitos – También llamados células o glóbulos rojos, son transportadores de oxígeno. Para poder lograr esto producen grandes cantidades de hemoglobina, la cual le da el color rojo distintivo. La sangre que ha pasado a través del corazón y ha sido oxigenada, se encuentra en las arterias, tiende a tener un color rojo más brillante que la sangre que retorna al corazón por las venas. Hay cerca de treinta trillones de eritrocitos circulando en la sangre humana en un mismo tiempo.

b. Leucocitos – También conocidos como células blancas, son defensoras. El rol de los leucocitos es defender el cuerpo contra bacterias y otros microorganismos patógenos. Hay cinco diferentes tipos de leucocitos, todos tiene

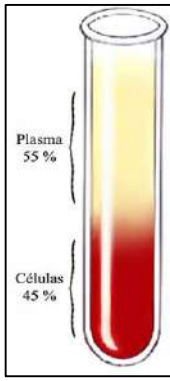
diferentes tamaños, formas, estructuras y funciones. Los leucocitos luchan contra las infecciones y enfermedades. Hay cerca de 430 billones circulando en la sangre humana a la misma vez (~1 por cada 700 eritrocitos).

c. Plaquetas – Son fragmentos de grandes células que se han roto en la médula ósea. Estos pedazos de citoplasma están encerrados por una membrana sin núcleo. Ellos juegan un rol importante en la homeostasis (control del sangrado) por taponamiento de roturas en los vasos sanguíneos (coagulación).

El plasma es un fluido amarillento que lleva a los eritrocitos suspendidos, leucocitos, y plaquetas. Está compuesto de agua (92%), proteínas (7%), y otros materiales como las sales, desechos y hormonas, entre otros. El plasma constituye aproximadamente el "55%" de la sangre. El restante "45%", está formado por las células sanguíneas y plaquetas. Porque el plasma es más ligero que las células sanguíneas y plaquetas, pueden separarse fácilmente. El plasma no se separa de las células sanguíneas en el cuerpo porque está en un estado constante de agitación, está constituido por:

d. Solutos inorgánicos o electrolitos – Constituyen el 0,9% de los solutos y son básicamente los que se localizan en el líquido extracelular. Na^+, Ca^{++}, K^+, Mg^{++}, Cl^-, PO_4, HCO_3, CO_2, N_2, O_2, etc.

e. Solutos orgánicos. Glucosa, aminoácidos, enzimas, hormonas, vitaminas hidro y lipo-solubles, ácidos grasos, productos de desecho como urea, ácido úrico, creatinina, bilirrubina, etc.; y proteínas plasmáticas, las cuales constituyen el 7% de los solutos plasmáticos.



Componentes	Funciones
Agua	Solvente para transportar sustancias
Sales	Balance osmótico, regulación de pH (Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}, Cl^-, HCO_3^{--}) y permeabilidad de membrana
Proteínas plasmáticas	Balance osmótico (albúmina), coagulación (fibrinógeno), defensa (inmunoglobulinas)
Eritrocitos	Transporte de O_2 y CO_2
Leucocitos	Intervienen en la defensa contra las infecciones
Plaquetas	Intervienen en la hemostasia
Nutrientes	Glucosa, ácidos grasos, vitaminas, hormonas, productos metabólicos

Figura 9. Resumen de los componentes y funciones de la sangre.

Existen tres grupos de proteínas plasmáticas cuyos tamaños, estructuras y cantidades son muy variables, se clasifican en tres grupos principales:

i. **Albúminas**, que constituyen el 59,2% del total de proteínas.

ii. **Globulinas**, que constituyen el 40,5% del total de proteínas.

iii. **Fibrinógeno**, que es aproximadamente el 0,3% del contenido proteico plasmático. Cuando es eliminado de la solución plasmática ésta recibe el nombre de suero o solución sérica.

3. FUNCIONES DE LA SANGRE

Su densidad es ligeramente mayor a la del agua: 1,05-1,06. Su viscosidad es bastante mayor que la del agua (3,5-5,5) debido a la presencia de elementos celulares y a los solutos macromoleculares. El volumen de sangre que hay en un individuo se conoce con el nombre de volemia, siendo los valores normales (o normovolemia) aproximadamente un 7-8% del peso corporal (lo que equivale a 75 cc/kg). En recién nacidos estos valores son superiores, un 10%. Si estos valores están incrementados se considera una hipervolemia, y si están disminuidos una hipovolemia.

La sangre es una solución donde se encuentran solutos y células y que desarrolla funciones como las siguientes:

a. **Transporte**. Transporta multitud de sustancias, disueltas y unidas químicamente a diferentes componentes. Según el compuesto transportado la función puede ser denominada:

- **i.** **Respiratoria**: Transporte de gases entre los tejidos y los pulmones.
- **ii.** **Nutritiva**: Distribución de nutrientes desde el intestino hasta los tejidos.
- **iii.** **Excretora**: Transporte de productos de desecho del metabolismo desde el lugar de producción hasta el lugar de eliminación.

b. Homeostática. El control de parámetros tan importantes como el pH, la temperatura, el control del volumen hídrico o de los electrolitos corporales se realiza a través de la sangre.

c. Comunicación y defensa. El transporte de mediadores informativos como las hormonas y otros se lleva a cabo mediante la sangre. Lo mismo que la protección del organismo cuenta con algunas células y proteínas de la sangre que participan en los procesos de defensa orgánica contra invasión de gérmenes patógenos o para eliminación de cuerpos extraños.

d. Principales vías de canalización vascular humana

i. Principales Arterias

Son tubos que parten del corazón y se ramifican, llevando sangre rica en oxígeno y según la forma que adopten o hueso y órgano junto al cual corran, reciben diferentes denominaciones, tales como humeral, renal o coronaria, entre otras.

- Arteria Pulmonar que sale del Ventrículo derecho y lleva la sangre a los pulmones.
- Arteria Aorta sale del Ventrículo izquierdo y se ramifica.
- Las carótidas: Aportan sangre

oxigenada a la cabeza.
- Subclavias: Aportan sangre oxigenada a los brazos.
- Hepática: Aporta sangre oxigenada al hígado.
- Esplénica: Aporta sangre oxigenada al bazo.
- Mesentéricas: Aportan sangre oxigenada al intestino.
- Renales: Aportan sangre oxigenada a los riñones.
- Ilíacas: Aportan sangre oxigenada a las piernas.

ii. Principales Venas

Una vez que la sangre ha descargado el oxígeno y recogido el dióxido de carbono, este fluido emprende el viaje de regreso hacia el corazón y los pulmones a través de las venas. A diferencia de las arterias, sus paredes son menos elásticas, y cada cierta distancia posee válvulas que impiden que la sangre descienda por su propio peso.

- La cava superior formada por las yugulares que vienen de la cabeza y las subclavias (venas) que proceden de los miembros superiores.
- La cava inferior a la que van las Ilíacas que vienen de las piernas, las renales de los riñones, y la suprahepática del hígado.

- La coronaria que rodea el corazón.
- En la aurícula izquierda desembocan las cuatro venas pulmonares que traen sangre desde los pulmones y que curiosamente es sangre arterial.

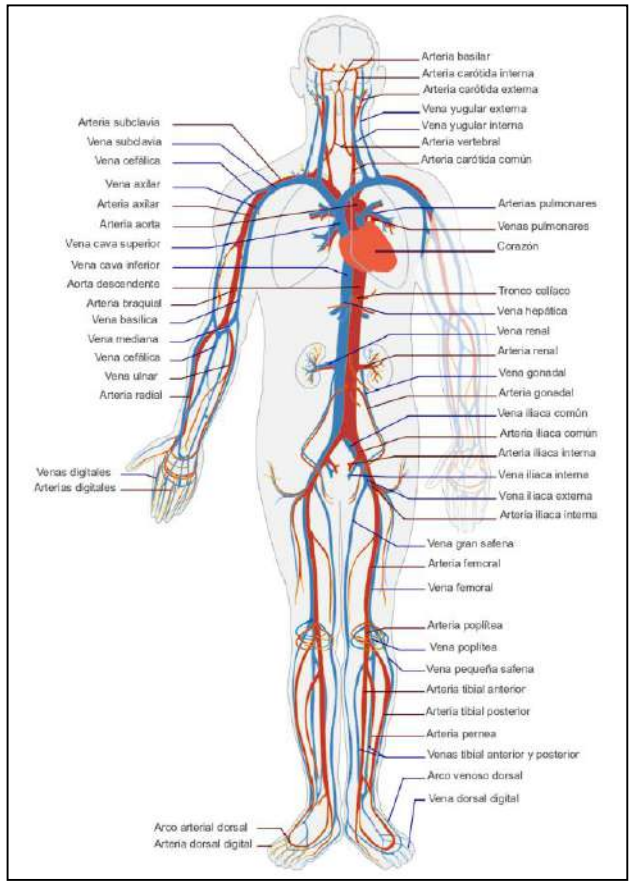


Figura 10. Anatomía vascular humana más importante.

CAPÍTULO IV
PROPIEDADES FÍSICAS DE LA SANGRE COMO LÍQUIDO

Una vez que la sangre abandona el cuerpo, se comporta como un fluido y todas las leyes físicas se le aplican.

La sangre es más densa y viscosa que el agua, y al tacto resulta levemente pegajosa. Su temperatura es de 38ºC, alrededor de 1ºC por encima de las temperaturas oral o rectal, y posee un pH ligeramente alcalino cuyo valor se encuentra entre 7,34 y 7,45. Constituye aproximadamente el 20 % del líquido extracelular, y alcanza el 8% de la masa corporal total.

1. **Gravedad** – Actúa sobre la sangre (sin influencia del cuerpo) tan pronto esta abandona el cuerpo. Dadas las circunstancias correctas la sangre puede actuar de acuerdo a la teoría balística.

Figura 11. Efecto de la viscosidad y gravedad sobre la sangre.

2. **Viscosidad** – Es la cantidad de fricción interna que sufre el fluido. Describe la resistencia de un líquido al fluir. Es la resistencia que presenta un líquido a ser deformado tangencialmente. Como la viscosidad es un indicador de la resistencia al movimiento se puede deducir que la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura en un líquido. "La viscosidad de la sangre es 3 veces mayor que la del agua (La viscosidad cinemática del agua a 20 °C es 1.007 x 10-6 m^2/s). El principal factor responsable de mantener la viscosidad es el valor del hematocrito. A medida que aumenta el hematocrito, aumenta la viscosidad.

Sexo	♂ 1-7 mm/hora
	♀ 3-9 mm/hora
Edad	RN 2 mm/hora
	Lactante 4-5 mm/hora
	Pubertad 7-8 mm/hora
	Adulto > 10 mm/hora

Figura 12. Algunos valores de viscosidad de la sangre humana.

El hematocrito es el porcentaje del volumen total de la sangre compuesta por glóbulos rojos (también llamados hematíes o eritrocitos). Los valores medios varían entre el 40,3 y el 50,7 % en los hombres, y entre el 36,1 y el 44,3 % en las mujeres, debido a la mayor musculatura y por ende mayor necesidad de oxígeno de los primeros. Estas cifras pueden cambiar

de acuerdo con diversos factores fisiológicos, como la edad y la condición física del sujeto; también la altitud, la postura y el tabaquismo. Es una parte integral del hemograma, junto con la medición de la hemoglobina, y el recuento de leucocitos y plaquetas.

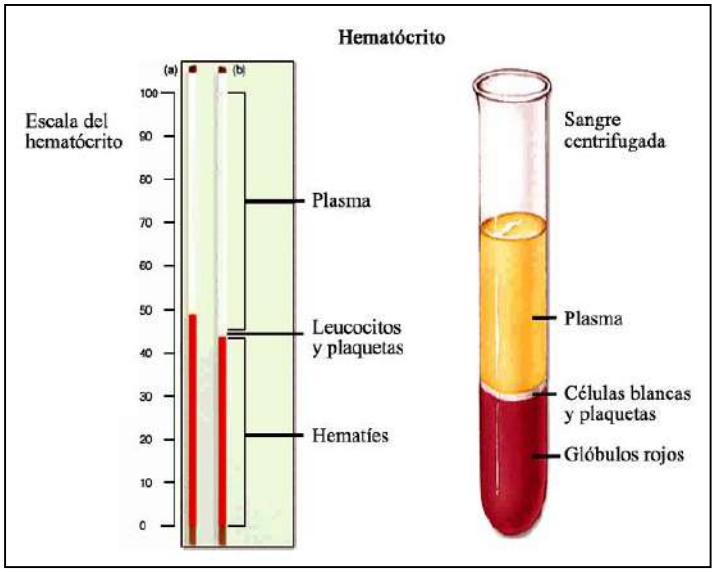


Figura 13. El Hematocrito. Tomado del Estomatólogo, su relación con el dolor y la sangre. http://gsdl.bvs.sld.cu/cgi-bin/library.

3. **Tensión superficial –** Es la fuerza que le da a la sangre la capacidad de mantener su forma esférica cuando esta está en caída libre.

   Las moléculas de los líquidos se atraen entre sí, de ahí que el líquido esté "cohesionado". Cuando hay una superficie, las moléculas que están justo debajo de la superficie sienten fuerzas hacia los lados, horizontalmente, y hacia abajo, pero no hacia arriba, porque no hay moléculas encima de la superficie.

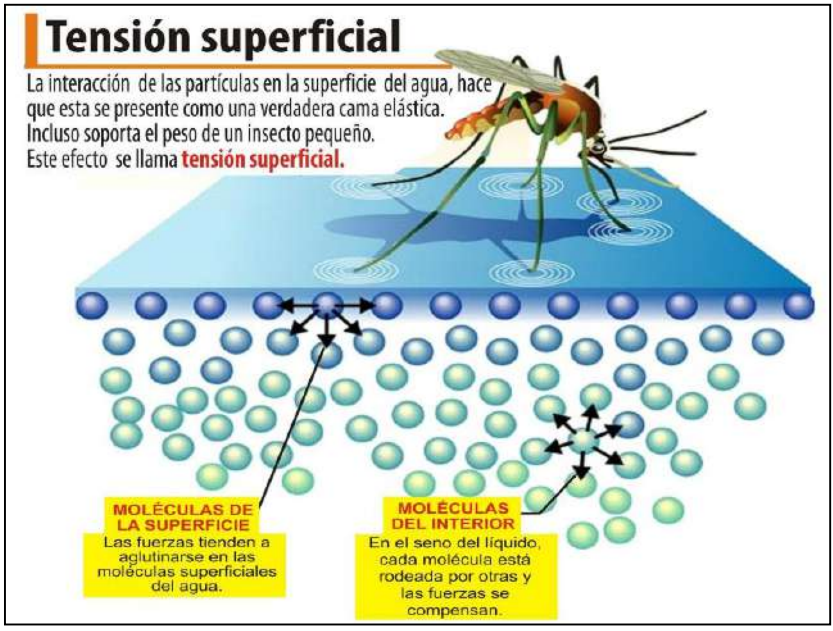


Figura 14. Esquema que muestra la interacción de las moléculas de los líquidos y que generan la fuerza de tensión superficial.

El resultado es que las moléculas que se encuentran en la superficie son atraídas hacia el interior de éste. Para algunos efectos, esta película de moléculas superficiales se comporta en forma similar a una membrana elástica tirante (la goma de un globo, por ejemplo). De este modo, es la tensión superficial la que cierra una gota y es capaz de sostenerla contra la gravedad mientras cuelga o hacen que se forme una esfera.

Figura 15. La tención superficial mantiene la esfericidad de la sangre cuando esta viaja por el espacio.

4. **Las características de vuelo de la sangre salpicada -** Experimentos con sangre han demostrado que una gota tiende a formar una esfera en su desplazamiento en el aire y que la forma artística de gota o de lágrima no es real, La formación de la esfera como ya vimos anteriormente es el resultado de la tensión superficial, que une a las moléculas entre sí.

   Esta forma esférica de la gota en vuelo es muy importante para el cálculo del ángulo de impacto (incidencia) de la salpicadura de sangre, cuando esta impacta contra una superficie. El ángulo será usado para determinar el lugar en el cual la salpicadura de sangre se originó, el cual es llamado el Punto de Origen (PO).

Una sola gota de salpicadura de sangre no es suficiente para determinar el punto de origen en una escena de crimen. La determinación de los ángulos de impacto y la ubicación de los puntos de origen, deberán estar basados sobre la consideración de un número de manchas por el método de triangulación.

CAPÍTULO V

RECOLECCIÓN DE EVIDENCIAS HEMÁTICAS, PROCEDIMIENTOS DE BIOSEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA EVIDENCIA SANGUÍNEA EN LA ESCENA DEL CRIMEN

1. RECOLECCIÓN DE LA EVIDENCIA HEMÁTICA

a. En primer lugar, debe numerarse cada una de las manchas, después de haber anotado su posición y forma.

b. Luego perennizar por medios fotográficos, fílmicos o de croquis, las evidencias hemáticas.

c. En superficies duras y lisas, la sangre seca se raspará con una cuchilla afilada, sobre un trozo de papel blanco limpio.

d. En superficies absorbentes, la sangre seca o fresca se recogerá aplicándole unas hebras de gasa o algodón ligeramente humedecido con suero fisiológico o comprimiéndole un trozo de papel filtro. Una vez colectada la sangre se procede a airearla hasta que seque.

e. La sangre fresca no coagulada se colecta con un gotero o pipeta en un tubo bien seco y limpio al que se le adiciona suero fisiológico. Se homogeniza

(invirtiendo el tubo suavemente), y se la preserva a baja temperatura o temperatura de refrige-ración. Inmediatamente, en el mejor de los casos se embebe un trozo pequeño de material absorbente (papel filtro o paño de algodón o hisopo) procediéndose luego a secar por aireamiento.

f. En prendas de vestir u otros los tejidos absorbentes, si las manchas están todavía húmedas deben ser secadas a la sombra y estar bien aireadas, para no alterar las muestras para el análisis; después deben embalarse independientemente.

g. En ningún caso deben agregarse preservadores sobre las manchas.

h. Dentro de la descripción del indicio hemático con fines de reconstrucción de la escena en base a rastros, debe especificarse: "Descripción del color, forma, posición, dirección de la salpicadura, altura estimada de caída, cantidad encontrada, fotografías que acompañen lo descrito, etc.

i. Para la remisión de muestras: todos los indicios deben embalarse secos, para evitar su descomposición o detrimento. Deben tener un embalaje de papel, en el cual se incluya un sólo indicio, para prevenir la contaminación por contacto con otros indicios.

2. ASPECTOS DE BIOSEGURIDAD DE LA EVIDENCIA HEMÁTICA

a. Protección del Personal que Manipula Muestras Sanguíneas

Siempre que se manipula material biológico humano, especialmente la sangre, es prudente asumir que este tipo de material puede contener patógenos potencialmente peligrosos y por tanto ser una posible fuente de infección (VIH, hepatitis, tuberculosis, meningitis... etc.). Por ello es necesario mantener una serie de precauciones universales como las que a continuación se detallan:

- Prevenir, en todo momento, el contacto directo del operario con la muestra mediante el uso de guantes, mascarillas, bata u otro tipo de ropa protectora.
- Prohibir el consumo de comidas y bebidas, así como de tabaco.
- Extremar las condiciones de asepsia y siempre que sea posible utilizar material desechable.
- Una vez concluida la recolección de muestras, tirar todo el material desechable utilizado en bolsas de basura o contenedores, para eliminarlo posteriormente según las normas de destrucción de residuos, vigentes en cada institución.
- Recomendar la vacunación al personal que

está en contacto con este tipo de muestras.

- Cuando el recojo de muestras biológicas se realiza en la sala de necropsias, estas precauciones deben extremarse.

Figura 16. Muestra un traje adecuado de bioseguridad para procesar una escena de crimen con presencia de fluidos biológicos.

b. Protección de las Muestras Sanguíneas

Son numerosos los procesos que pueden afectar a la integridad de una muestra y por tanto a la posible obtención de perfiles genéticos a partir de los vestigios biológicos existentes en ella. Estos procesos, que en algunos casos son inherentes a la muestra, en otros pueden producirse o incrementarse cuando la recogida y envío de muestras al laboratorio se lleva a cabo de una forma defectuosa. Ellos son:

i. **Contaminación por material biológico humano. -** Se debe al depósito de material biológico humano, en el lugar de los hechos y/o en el cuerpo de la víctima, con posterioridad a la producción del delito. Puede estar causada por personas ajenas a la investigación como curiosos o familiares, o por personas que colaboran en la investigación y que de forma accidental o por desconocimiento, producen la contaminación. Es frecuente durante el proceso de recogida de indicios si no se mantienen unas precauciones mínimas y también por defectos en el empaquetado de las muestras.

ii. **Transferencia de indicios biológicos. -** Se debe al traslado, normalmente accidental, de los indicios de una localización a otra, lo que da lugar a una contaminación o puede ocasionar la pérdida de una prueba. Los vestigios biológicos que sufren con más facilidad este cambio de localización son los pelos.

iii. **Contaminación microbiológica. -** Este tipo de contaminación tiene lugar por el desarrollo de microorganismos y suele estar favorecida por la humedad y las altas temperaturas. Normalmente se produce o incrementa por defectos en el empaquetado y conservación de las muestras hasta su envío al laboratorio.

iv. **Contaminación química. -** Se debe a la presencia de productos químicos que van a dificultar algunos de los procesos del análisis genético, fundamentalmente la amplificación y extracción de ADN. Se produce ello cuando las muestras se envían inmersas en productos conservantes como el formol o lejía, o cuando se realizan estudios previos con sustancias químicas (por ejemplo, el estudio de huellas dactilares) que pueden comprometer el análisis de ADN.

Los procesos descritos podrían evitarse o minimizarse si se mantienen algunas pre-cauciones básicas muy importantes como son:

- Aislar y proteger, lo más rápidamente posible la escena del delito, y salvo que alguna circunstancia lo impida, los indicios biológicos deben ser los primeros en ser recogidos o analizados.
- Perennizar o documentar lo mejor posible la evidencia a base de manchas de sangre, a través de la descripción detallada, con croquis a escala, fotografiado y filmado con testigos métricos que den referencia de tamaño de las manchas de sangre.
- Usar guantes nuevos o de primer uso, estos deben cambiarse con frecuencia, especial-mente cuando se manipulan indicios susceptibles de tener distinto origen.

- Evitar hablar o estornudar sobre las muestras.
- Usar mascarilla.
- Usar bata u otro tipo de ropa protectora.
- No añadir conservantes a las muestras.
- Dejar secar las muestras a temperatura ambiente, en un lugar protegido, antes de empaquetarlas para su envío definitivo al laboratorio.
- Empaquetar cada muestra por separado, en bolsas de papel o cajas de cartón evitando utilizar plástico siempre que sea posible.
- Una vez terminada la recogida de muestras, tirar todo el material desechable utilizado (guantes, pipetas, papeles) en bolsas de basura o contenedores, para eliminarlos posteriormente según las normas de destrucción de residuos contaminados por material biológico.

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS FORENSES PREVIOS AL ESTUDIO RECONSTRUCTIVO DE LAS MANCHAS DE SANGRE

El primer paso para ocuparse del estudio de la sangre en cualquier aspecto de las ciencias forenses y criminalísticas, es conocer algunas características de las manchas de sangre, para lo cual deben responderse tres preguntas fundamentales.

- ¿La mancha observada es sangre?
- ¿De qué especie proviene la sangre?
- ¿Si la sangre es de origen humano, puede asociarse con un individuo en particular?

Para contestar a estas preguntas, se puede utilizar una variedad de pruebas.

1. PRUEBAS DE DETECCIÓN PRESUNTIVA O DE ORIENTACIÓN

Existen sustancias orgánicas e inorgánicas que tienen semejanza con la sangre. En este caso la diagnosis criminalística es de mucha importancia para llevar la investigación a un resultado positivo. Entre estas sustancias orgánicas tenemos vegetales como la mora, fresa, beterraga, tomate; látex, la sangre de grado, el carmín (extraído de la

cochinilla); vino, etc. Entre las sustancias químicas tenemos el aseptil rojo, tintura de yodo, anilina y mezclas como la cera de piso, etc.

Entonces necesitamos determinar si la mancha es de naturaleza sanguínea o no, este examen se realiza mediante las pruebas de orientación o presuntiva. Los ensayos de orientación o presunción, no aseguran la presencia de sangre en la mancha en estudio, pero generalmente son pruebas fáciles y prácticas, que pueden ser llevadas a cabo en la escena del crimen y que en algunos casos nos ofrecen certeza, como en el caso de la prueba positiva para Fenolftaleína y bencidina.

Los Eritrocitos contienen hemoglobina, que es la proteína más abundante en una mancha de sangre. La hemoglobina tiene actividad enzimática de tipo peroxidásica y esta propiedad es usada en exámenes para identificar la presencia de sangre.

Los ensayos preliminares son pruebas rápidas basadas en la actividad peroxidásica que posee el grupo **HEMO** de la hemoglobina de la sangre y que en presencia de agua oxigenada y de ciertos reactivos orgánicos, dan lugar a la aparición de coloraciones o luminiscencia, que orientan sobre la posible existencia de sangre en las muestras analizadas.

H_2O_2 + HEMOGLOBINA = H_20 + O + REACTIVO CROMÓGENO = COLOR O LUMINISCENCIA

La aparición de un color característico, dependiendo del reactivo cromógeno utilizado, indicará la presunta presencia de sangre. Por si se sospecha que el material ha sido difundido por intento de lavado de la supuesta mancha de sangre, se pueden realizar los ensayos directamente sobre porciones de las mismas. O en casos en que la muestra se encuentre sobre madera, metales y baldosas, se la toma directamente con el papel filtro o hisopo previamente humedecido con suero fisiológico. Cuando la reacción del cromógeno produzca luminiscencia la prueba se efectuará en la oscuridad, como en el caso del luminol.

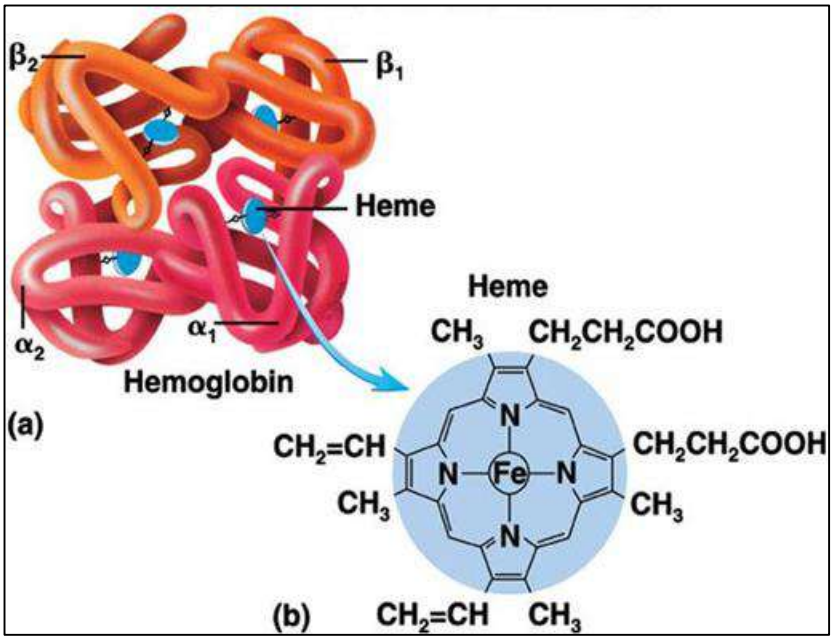


Figura 17. Molécula de la hemoglobina, donde se aprecia el grupo HEMO.

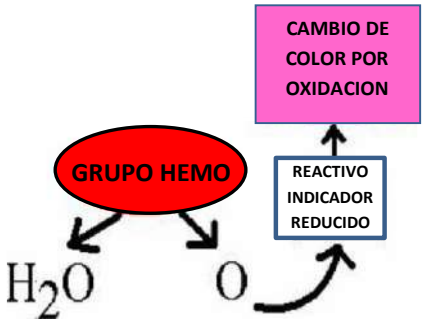


Figura 18. Fundamento de los exámenes presuntivos de detección de restos hemáticos.

Estos métodos dependen del hecho de que el grupo hemo de la hemoglobina posee una actividad similar a la peroxidasa por lo que cataliza la reducción del peróxido de hidrógeno a agua y oxígeno. La especie oxidante formada en esta reacción puede entonces reaccionar con una variedad de sustratos para producir un cambio de color visible. Entre los sustratos de uso común se encuentran la bencidina, toluidina, leuco-malaquita verde, leucocristal violeta y fenolftaleína, siendo la última de ellas conocida como prueba Kastle-Meyer. La reacción con 3-aminoftalhidrazida (luminol) para formar un producto luminiscente en lugar de un producto coloreado es también una prueba catalítica. Un derivado de toluidina se utiliza en las tiras reactivas destinadas a la detección de sangre en la orina en situaciones clínicas, pero son igualmente útiles como una prueba de detección de manchas de sangre secas. Entre estos exámenes presuntivos o de orientación tenemos:

a. Prueba del Peróxido

Conocida también como reacción de Van Der Velde o Schönbein. En algunos casos, el sólo agregar unas gotas de agua oxigenada de 20 volúmenes y observar la producción de burbujeo, es una forma muy sencilla de orientar la presencia de sangre en una muestra.

Cuando el agua oxigenada entra en contacto con la mancha de sangre, da lugar a la aparición de un burbujeo blanquecino. Esto es aplicable cuando hay suficiente cantidad de muestra, pero se puede confundir con algunas sales minerales como sales de cobre, de níquel, cobalto, hierro, pus de heridas infectadas, secreción nasal, manchas de origen vegetal, etc., y tiene una sensibilidad de 1/40,000.

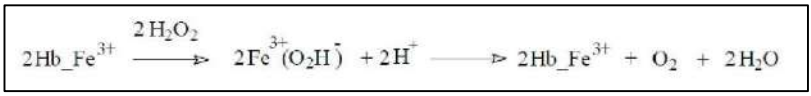


Figura 19. Reacción de la catalasa.

b. Prueba de la Bencidina (ADLER)

Es la utilización de la bencidina + Agua oxigenada que en presencia de sangre desarrolla una intensa coloración azul turquesa. La solución acética de bencidina (0,05 g de bencidina en 10 ml. de ácido acético glacial), tiene una sensibilidad de 1 en 100,000.

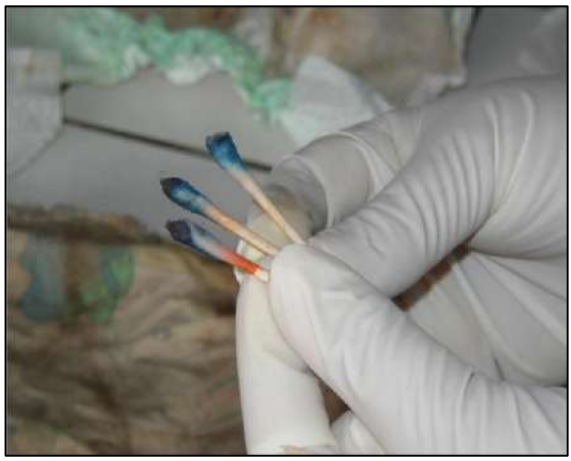


Figura 20. Prueba positiva de Adler. Tomado de Manual de Procedimientos de Criminalística, 2006.

La bencidina hoy en día ya no es utilizada pese a ser muy práctica, debido a su alta toxicidad y sus propiedades carcinógenas.

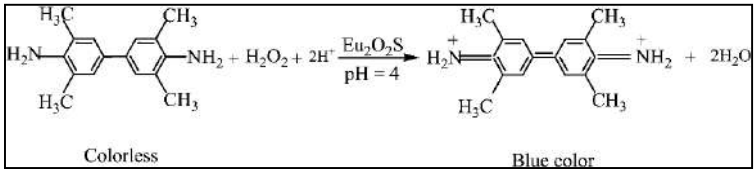


Figura 21. Reacción de Adler (biphenyl-4,4'-diamine).

c. Prueba de la Fenolftaleína (KASTLE-MEYER)

Es la prueba de mayor especificidad, un resultado positivo de esta prueba casi asegura la certeza de presencia de sangre, la reacción positiva da una coloración rojo grosella y tiene una sensibilidad 1 en 1'000,000.

Figura 21. Prueba positiva de Kastle Meyer.

Solución alcalina de Fenolftaleína reducida (20 g. de hidróxido de potasio en 100 ml. de agua destilada. Agregar 2,0 g. de Fenolftaleína y 30 g. de polvo de zinc. Hervir en reflujo hasta decoloración de la solución, una vez fría decantar y agregar 20 ml. de alcohol etílico absoluto).

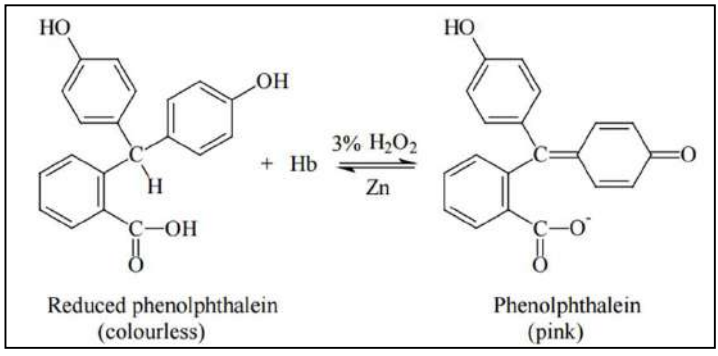


Figura 22. Oxidación de la fenolftaleína reducida por la hemoglobina.

d. Prueba de Luminol (Quimioluminiscente)

En este método no se evidencia la aparición o cambio de coloración. Ante la aplicación del reactivo se obtendrá una luminiscencia que orienta sobre la posible existencia de sangre en muestras lavadas. Presenta la mayor sensibilidad 1/ 5'000,000.

El luminol es una solución alcalina de **3-amino-ftalhidrazida**, que se prepara disolviendo 0,5 g. de carbonato de sodio y 0,01 g. de luminol en 10 ml. de agua destilada, etanol y agua oxigenada de 20 volúmenes. Produce una luminiscencia de color azul blanquecina y además no deteriora la muestra biológica para posteriores exámenes, a diferencia de las demás pruebas.

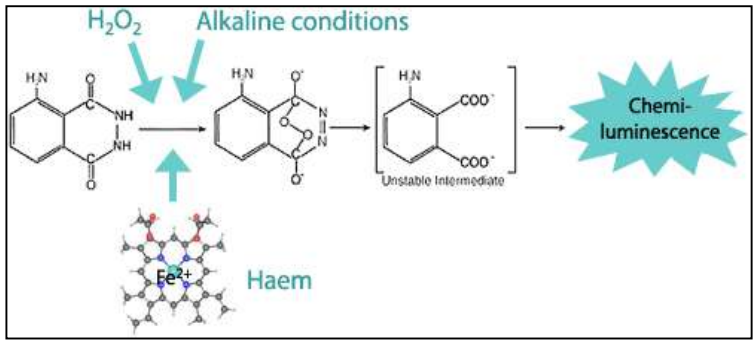


Figura 23. Química de la Reacción del luminol.

e. Prueba de Bluestar ® (Quimioluminiscente)

En el año 2000, Jean-Marc Lefebvre-Despeaux, presidente de BLUESTAR, encargó a Loic J. Blum, Ph.D., profesor de bioquímica de la Universidad

Claude Bernard-Lyon y director del laboratorio de ingeniería enzimática y biomolecular, que encontrara una nueva fórmula que fuera basada en luminol y que eliminara todos los numerosos inconvenientes. Como resultado, Blum descubrió esta nueva fórmula que posteriormente fue llamada BLUESTAR® FORENSIC.

La sensibilidad de Bluestar según su ficha técnica es hasta 1:10,000; pero según estudios en diferentes soportes inertes realizados por la misma empresa Bluestar Forensic demuestra una sensibilidad de hasta 1:1'000,000.

Bluestar tiene una luminiscencia más fuerte y duradera que no requiere oscuridad absoluta para ser visible y con un poco de práctica hace que sea imposible confundir sangre y falsos positivos ya que la luminiscencia difiere en color, intensidad y duración.

Entre otras características, Bluestar, no altera el ADN y permite análisis subsecuentes de ADN y serología forense de rutina.

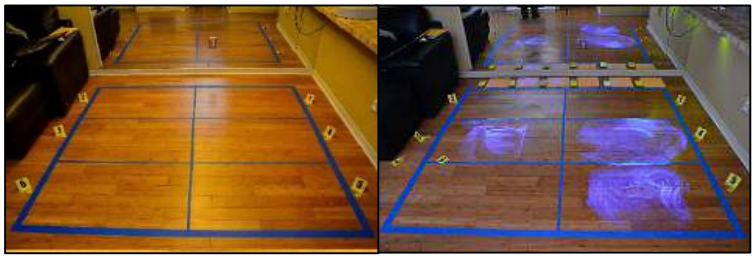


Figura 24. Reacción de quimioluminiscencia del luminol.

f. Prueba de HemaSceine (Fluoresceína)

Hemascein fue creado en 2008 por Abacus Diagnostic. Es un excelente método de detección presuntiva mancha de sangre latente. Se ha utilizado en aplicaciones forenses para revelar pequeñas cantidades de sangre. Los rastros de sangre escondida se pueden detectar incluso después de limpiezas repetidas de la escena del crimen. La fluoresceína es altamente sensible a las moléculas (1 en 1´000,000), se puede utilizar para descubrir y mejorar huellas de calzado con sangre, lo que permite a los investigadores a seguir el rastro del sospechoso. Hemascein no requiere de completa oscuridad en la luz ambiental como lo hacen otros reactivos y se puede visualizar hasta 10 minutos.

La reacción se llevará a cabo en cuestión de segundos, pero se necesita una fuente alternativa (luz Ultravioleta) para verlo. El ALS necesita ser ajustado a 415 a 480 nm con un filtro de color amarillo oscuro.

De todas las pruebas presuntivas para la detección de rastros hemáticos es la menos tóxica.

Figura 25. Reacción de la Hemas-ceina visible con luz Uv y filtro amarillo.

Las pruebas quimioluminiscentes pueden dar FALSOS POSITIVOS de la siguiente forma.

LUMINOL puede reaccionar con sulfato cúprico, sulfato férrico y cloruro de níquel, pero no con lejía al 5%, saliva, ni patata.

BLUESTAR®FORENSIC puede reaccionar con la patata, tomate, cebolla roja, frijol, rábano picante, ácido ascórbico, lejía al 5%, sulfato cúprico, sulfato férrico, y cloruro de níquel.

La Hemascein o fluoresceína puede reaccionar con la patata, sangre no humana y algunos aceites.

Las manchas de sangre lavadas pueden ser enmascarados por bebidas y/o alimentos que contengan antioxidantes en las pruebas quimio-luminiscentes. Se ha estudiado el efecto de la vitamina C, té negro y té verde por su capacidad de general falsos negativos, en las reacciones quimioluminiscentes.

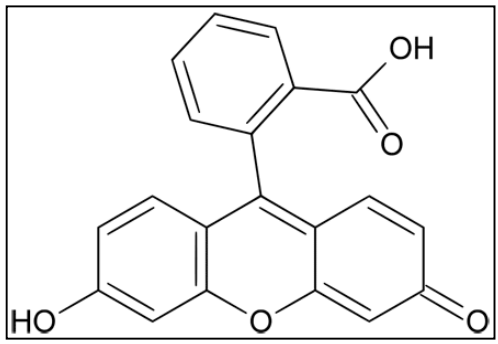


Figura 26. La formulación de Fluoresceína reducida

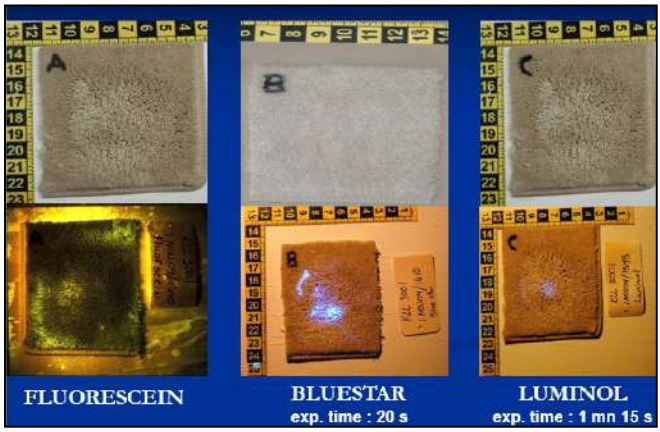


Figura 27. Comparación de la quimioluminiscencia entre el Luminol, Bluestar y Fluoresceína.

2. PRUEBAS DE CERTEZA DE LA NATURALEZA SANGUÍNEA

Son ensayos específicos que certifican la existencia de sangre en la mancha, verifican la presencia de células sanguíneas o la existencia de la proteína hemoglobina; entre las cuales tenemos:

a. Presencia de Estructuras Formes (leucocitos y eritrocitos) en Sangre Fresca y en Manchas Recientes. - Consiste en la observación de glóbulos rojos (hematíes) y glóbulos blancos o leucocitos, que normalmente se observan en sangre fresca, ocasionalmente puede presentarse en manchas secas recientes. Glóbulos rojos de los mamíferos, han sido observados a la microscopía electrónica en manchas de sangre seca sobre diferentes soportes, en condiciones ambientales de 3 a 18 meses después de haber sido vertida sobre dichos soportes.

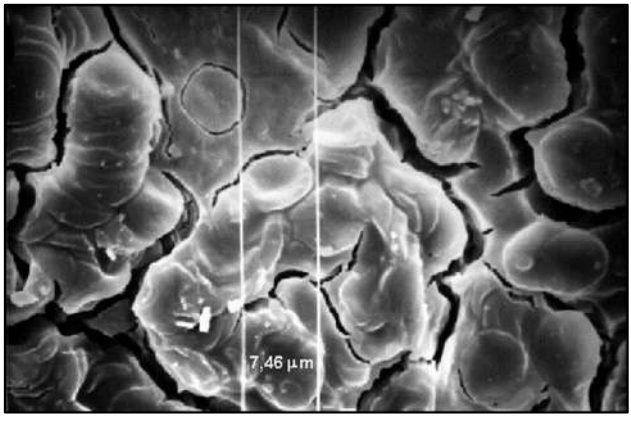


Figura 28. Microfotografías de microscopía electrónica de barrido de mancha seca sangre de tres meses de antigüedad. Forensic Science International vol. 55, páginas 139 - 159, 1992.

b. Formación de Microcristales.- La hemoglobina puede formar microcristales solo visibles a la microscopía. Inducir a su formación por acción de ciertos reactivos, como son:

i. **Cristales de Teichmann** (Clorhidrato de hematina). - Técnica propuesta por el polaco Teichmann en 1853. Cristales romboédricos de color café, utilizando ácido acético glacial con vestigios de cloruro de sodio. Esta prueba da buenos resultados para manchas secas y antiguas y con muy pequeña cantidad de sangre.

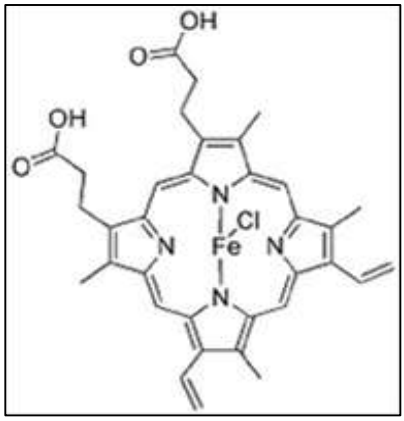


Figura 29. Formación de Cloruro de ferriprotoporfirina (Test de Teichmann)

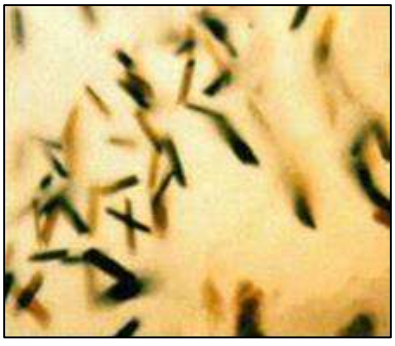


Figura 30. Cristales de Teichmann (inmersión)

ii. **Cristales de Takayama** (Hemocromógeno). - Cristales de Piridinahemocromógeno de color rojo o rosado intenso, esta técnica es más reciente que la anterior y es el de mayor uso por los laboratorios forenses, el reactivo consiste en una mezcla de piridina, solución saturada de glucosa y solución de hidróxido de sodio.

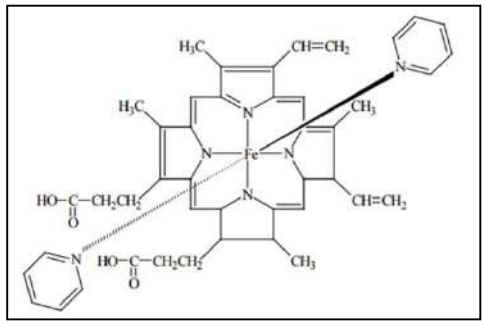


Figura 31. Formación de Ferroprotoporfrina piridina (Test de Takayama).

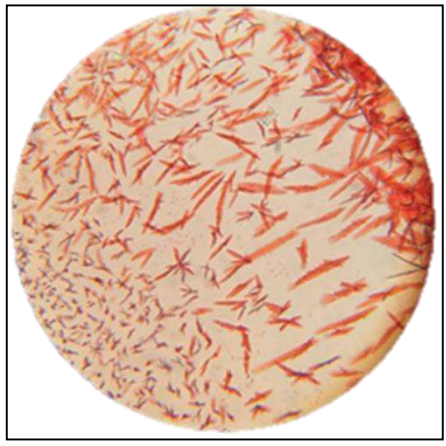


Figura 32. Cristales de Takayama (microscopía óptica en inmersión).

3. DETERMINACIÓN DEL ORIGEN HUMANO EN MANCHAS DE SANGRE

Una vez realizada las pruebas confirmatorias de sangre, debe efectuarse la investigación del origen humano u otra especie. Este examen se realiza mediante pruebas de especificidad.

a. Diferencias Morfológicas de las Células Sanguíneas. - Cuando la sangre es fresca, se observan sus elementos figurados en pre-paraciones teñidas de GIEMSA o WRIGHT. Se pondrá en evidencia la presencia de glóbulos rojos y leucocitos en la muestra, así como el tamaño y la morfología de los mismos que difieren entre ciertas especies. Cuando la sangre se presenta en forma de mancha desecada, luego de un procedimiento especial de tinción, el cual permite observar los componentes celulares de la sangre, los mejores resultados se han obtenido en capas delgadas de sangre sobre soportes metálicos.

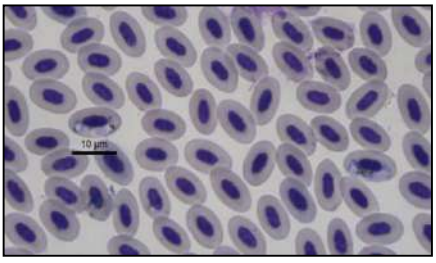


Figura 33. Muestra de frotis de ave, donde se aprecian los eritrocitos maduros nucleados, a diferencia de los de los mamíferos que son anucleados, esta podría ser una característica elemental que permita diferenciar una muestra de sangre animal o humana.

b. Pruebas Serológicas (reacción antígeno-anticuerpo)

i. Test de las Inmunoprecipitinas. - Se usa anticuerpos poli específicos contra proteína humana del suero sanguíneo (anti IgG y C3d), por medio de la observación de la precipitación de las proteínas del suero sanguíneo humano. Para esto se utiliza el suero Antihumano que al unirse a la sangre humana se visualiza la obtención de un precipitado (halo blanquecino en la interface) en un tubo Durham. Para saber distinguir sangre de diferentes animales se utilizan otros sueros específicos (antivacuno, antiequino, etc.)

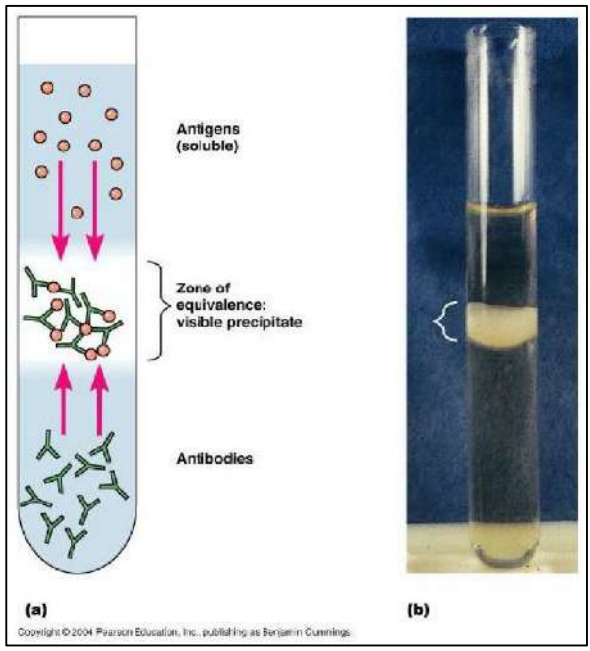


Figura 34. Test de inmunoprecipitinas.

ii. **Test RSID-BLOOD (Rapid Stain Identification Blood). -** Este test inmunocromatográfico usa dos anticuerpos mono-clonales contra la **GLICOFORINA A**, una proteína de la membrana de los eritrocitos. Posee una sensibilidad de hasta 1 µl., de sangre humana, por lo que es un eficaz y útil método para la detección de sangre humana en muestras forenses, y ofrece una mejor detección de sangre en comparación con otros métodos actualmente en uso.

iii. **Test HEXAGON OBTI**. - Al igual que el anterior, es un test inmunocromatográfico, que es el complemento perfecto para BLUESTAR FORENSIC. Esta rápida prueba visual permite de presumir que una mancha de sangre es de origen humano ya que usa anticuerpos monoclonales contra la hemoglobina humana, con una sensibilidad de 0,1 µg/ml de hemoglobina.

Figura 35. Test RSID a la izquierda y OBTI HEXAGON a la derecha.

iv. **Métodos Electroforéticos**. - Por diferencias estructurales de la hemoglobina y pruebas de inmunoelectrodifusión.

4. TIPIFICACIÓN SANGUÍNEA

Es muy probable que queden en la escena del delito manchas de sangre; si se comprueba que las mismas no pertenecen a la víctima, su estudio es muy importante para localizar al criminal. Por otra parte, si en ropas u objetos pertenecientes a un sospechoso se encuentran manchas de sangre diferentes a la suya y coincidentes con la víctima, sería una prueba más de culpabilidad.

a. **Análisis Serológico Convencional**. - Se funda en el fenómeno de isoaglutinación (aglutinación de la sangre producida por anticuerpos presentes en ella). La identificación de antígenos eritrocitarios tradicionales como los del sistema A-B-O y el factor Rh (positivo o negativo), u otros sistemas menos comunes como MN, Lewis, Kidd, Secretores, Lutheran, etc. Existen dos métodos para la determinación de grupos sanguíneos: Directo o Indirecto.
   - Directa por aglutinación en placa excavada.
   - Indirecta (absorción – elusión) en manchas de sangre recientes o antiguas.

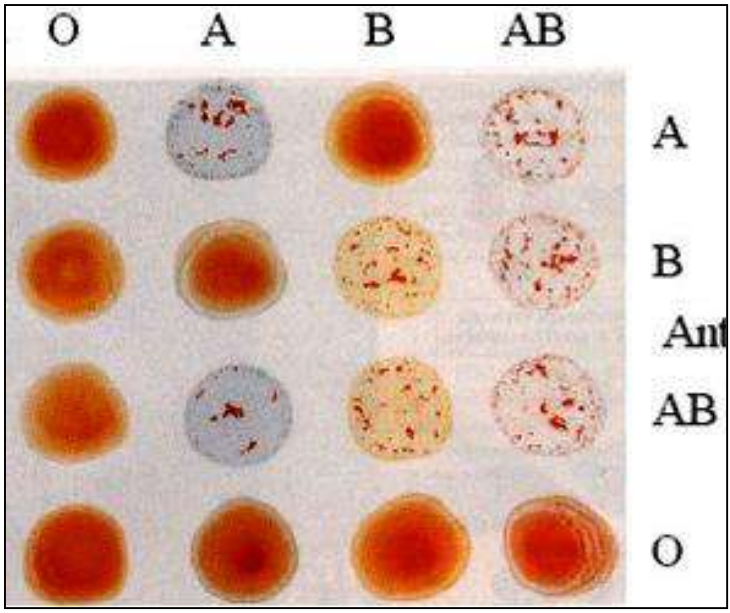


Figura 36. Método Directo en placa excavada de porcelana.

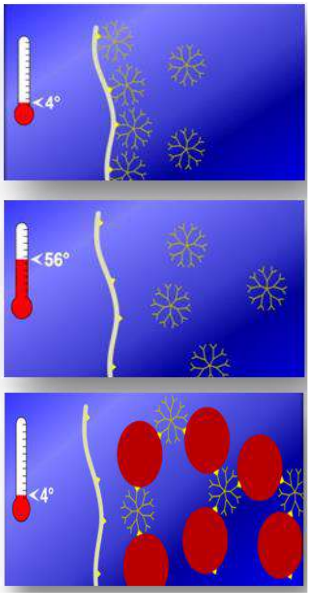


Figura 37. Método Indirecto de absorción – elución, para determinación de grupo sanguíneo en manchas secas. En las tres imágenes se aprecian la unión de los anticuerpos a sus respectivos antígenos (absorción), y posterior al lavado con solución salina fría, la mancha se calienta a 56 °C (elusión), y finalmente se agregan células A y B, para evidenciar la aglutinación.

b. Análisis Electroforéticos - Subtipificación de isoenzimas o enzimas polimórficas eritrocitarias como Fosfoglucomutasa (PGM), AdenilatoKinasa (AK), Esterasa D (ED), Fosfatasa Ácida de los Eritrocitos (FAE), etc.

c. Sistema HLA - Los HLA, son un tipo de antígenos, que pertenecen a los grupos de histocompatibilidad, que están presentes en todas las células del cuerpo conocidos como CMH clase I y solo en las células del sistema inmune conocidos como CMH clase II y que permiten al sistema inmunológico el reconocimiento de las células del organismo como propias. Para el caso de identificación humana nos interesan los de la clase II por presentar mayor variabilidad.

d. Técnicas de Biología Molecular

El Ácido Desoxirribonucleico (ADN) es el constituyente bioquímico de los cromosomas en el núcleo de toda célula. Los cromosomas, son componentes filamentosos que se forman al condensarse los gránulos de cromatina nuclear al inicio de la división celular o cariocinesis; contienen el material genético de la célula. El ADN es la única molécula biológica cuyo original sirve de modelo directo para la síntesis de la molécula de ADN.

Mediante el análisis de la molécula del ADN, la

prueba biológica de "TIPIFICACIÓN DEL ADN", permite obtener una "huella genética" del individuo a partir de una muestra de sangre, semen, pelo, saliva o en fin cualquier otro tejido del cuerpo. Esta huella genética es irrepetible, lo mismo que las huellas dactilares. Se trata de un documento de identificación biológica "CAPAZ DE INDIVIDUALIZAR CON UNA EXACTITUD PRÁCTICAMENTE ABSOLUTA", con niveles de certeza que superan el 99,999%.

i. **RFLP-VNTR**. - El análisis de los fragmentos de restricción de longitud polimórfica (RFLP), es un sistema de identificación a través de ciertas secuencias de ADN de 10 a 80 pares de bases (bp). presentes en los leucocitos de la sangre, que han sido producidos por la digestión del ADN con enzimas de restricción.

ii. **PCR-STR.** - Consiste en la amplificación de regiones microsatélites STR (*short tándem repeats*), altamente polimórficas de 2 a 7 pb, siendo el número de veces que se repite la base de su polimorfismo.

iii. **SNPs.** - Son secuencias donde se observan variaciones puntuales de una sola base, denominadas S*ingle Nucleotide Polymorphism* (SNP).

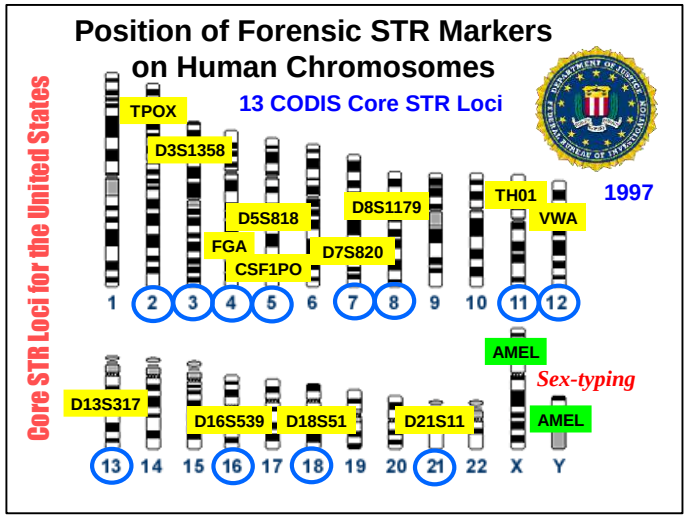


Figura 38. Marcadores STR Loci de ADN, con su ubicación cromosómica. Tomado de ***Principios del ADN forense para funcionarios del tribunal***. http://projects.nfstc.org/otc/espanol/module2/2.2.005.htm

5. ORIGEN DE LA MANCHA DE SANGRE

Se determina por medio de la identificación de los elementos citológicos que acompañan a la sangre. Así, por ejemplo, será de origen menstrual si se encuentran células vaginales propias de menstruación (células intermedias ricas en granos de glucógeno-tinción lugol); de una herida puede contener elementos de su origen cabellos, pelos, materia cerebral, células de la epidermis; las manchas de hemorragia nasal, con células de mucosa de vías respiratorias altas, etc.

Figura 39. Células de Mucosa bucal de hemoptisis.

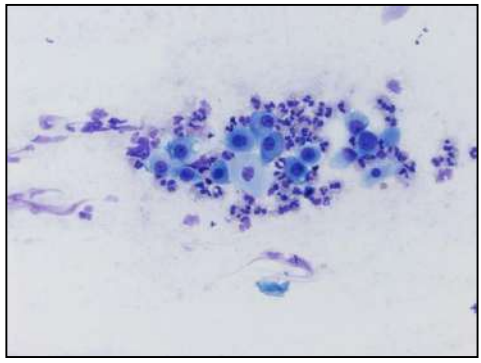


Figura 40. Un frotis nasal con tinción de Hansel.

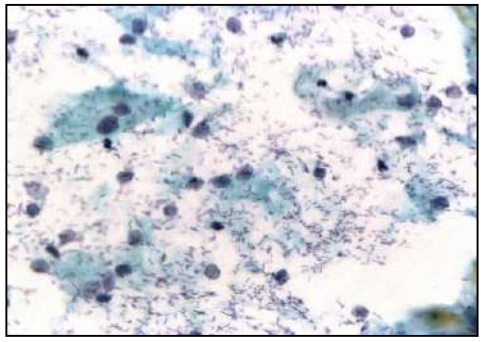


Figura 41. Células vaginales superficiales, con bacilos de Doderlein.

6. CANTIDAD DE SANGRE

El volumen de la Sangre, es en promedio, un 8 - 9 % del peso corporal total, de 5 a 6 litros de sangre para los varones y de 4 a 5 litros de sangre para las mujeres. Se requiere una pérdida del 40% del volumen de la sangre, ya sea interna o externamente, para producir un shock irreversible (muerte), y de 1,5 litros de sangre, para causar la incapacitación.

La diferencia de pesos antes y después de lavar con solución de bórax el soporte que contenía la mancha de sangre y multiplicar por 5 (volumen de agua perdido), es el método más utilizado para conocer la cantidad de sangre contenida en la mancha.

La sangre hallada en la escena del crimen debe guardar relación con las heridas de la víctima y con la cantidad de sangre estimada dentro de las cavidades internas del cuerpo. Si la cantidad es pequeña o grande debe encontrarse la explicación:

- **Pequeña**. - Cantidad de sangre faltante, debe estar en otro lugar (donde se realizó realmente el crimen).
- **Grande**. - Puede provenir de otro individuo (probablemente del criminal).

7. ANTIGÜEDAD DE LA MANCHA DE SANGRE

Al respecto muchos autores se limitan a diferenciar las manchas en recientes, si son de color rojo vivo o de

aspecto brillante, y de contornos nítidos; antiguas, si son pardo oscuras, deslustradas, resquebrajadas y polvorientas. El color puede en algunas condiciones, variar mucho dependiendo del soporte sobre el cual se encuentra, de la acción del medio ambiente, ya que el aspecto de la sangre varía más en verano que en invierno, más en la intemperie que en lugares cerrados y más en lugares húmedos que en medios secos. La sangre es de color rojo cuando fluye, la hemoglobina, sustancia que da color a la sangre, está en contacto con el oxígeno del aire se convierte en OXIHEMOGLOBINA, está a su vez con el tiempo se convierte en METAHEMOGLOBINA y luego en HEMATINA, pudiendo determinarse su antigüedad relativa mediante:

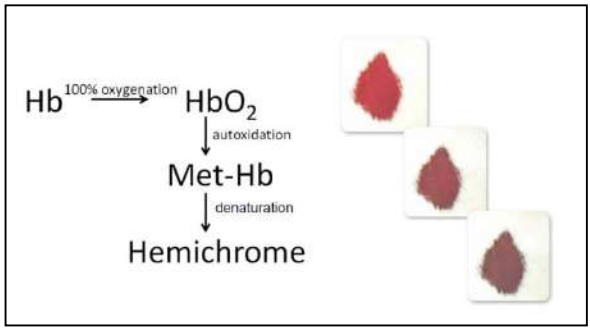


Figura 42. Proceso de Degradación de la Hemoglobina. Reflectance spectroscopy for recognition and age determination of bloodstains. Rolf Bremmer and Maurice Alders. 2011.

a. Cambio de Coloración

Una mancha seca, pero relativamente fresca es de color rojo intenso y de aspecto brillante. El brillo desaparece bajo la acción de la luz solar, el calor y diferentes condiciones atmosféricas. Se

torna rojo oscuro al secarse la mancha, pardo rojizo con horas de exposición al medio ambiente y el pardo oscuro lo encontramos cuando la mancha queda impregnada en fibras de prendas de vestir u otro sustrato. Se observará un cambio de coloración en el tiempo, siendo está de acuerdo al código universal de colores:

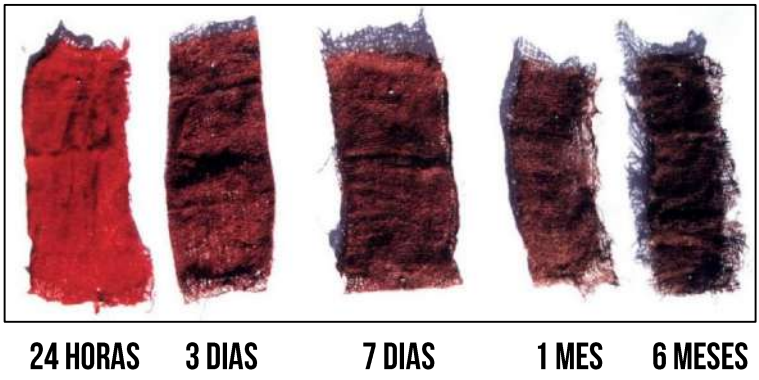


Figura 43. Cambio de Coloración en manchas de sangre.

TABLA DE COLOR EN MANCHAS DE SANGRE	
00 horas	Laca geranio
01 hora	Rojo grosella
02 horas	Sangre de buey
03 horas	Púrpura granate
04 horas	Rojo moreno
02 a 04	Laca quemada
05 a 15 días	Rojo pálido
03 a 04 semanas	Rojo sanguíneo
02 meses	Acacial
06 meses	Tierra sombra

Cuadro N° 1 Variaciones de color de las manchas de sangre en un periodo de seis meses, Fuente: Simonín Camille. "Medicina Legal Judicial" 1973.

b. Solubilidad. - De la hematina y puede ser:

01 a 06 días	Soluble en agua
Menor a 06 meses	Poco soluble en agua.
Más de 06 meses	Soluble en HCl (ácido clorhídrico) al 3 %
01 año	Soluble en KOH (hidróxido de potasio) al 3%.

Hoy existen métodos más exactos y sofisticados de datación de manchas de sangre, como el índice de racemización de los aminoácidos y glúcidos o el grado de degradación de la cadena de ADN y ARN, proveniente de los leucocitos presentes en la mancha de sangre seca.

8. DETERMINACIÓN DE SEXO DE LA MANCHA DE SANGRE

La presencia o ausencia del **Corpúsculo de Barr** o cromatina sexual o el cromosoma "X" extra presente en los leucocitos polimorfonucleares, siendo femenino en el primer caso y masculino en el segundo.

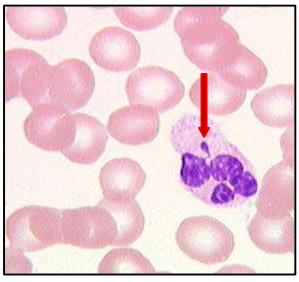


Figura 44. Cuerpo de Barr en neutrófilo en frotis de sangre, con tinción de Wright.

Actualmente se han hecho experimentos para tratar de dosar hormonas sexuales femeninas y masculinas en manchas de sangre seca, pero diremos que el tema está casi zanjado con la identificación de marcadores de **amelogenina** en la prueba de ADN.

CAPÍTULO VII

TIPOS DE MANCHAS DE SANGRE CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE IMPACTO: LISA, RUGOSA Y ABSORBENTE

Al golpear una superficie, la sangre deja un patrón el cual depende del tipo superficie sobre la cual cae o impacta. Cuando se analiza una mancha de sangre salpicada siempre debemos indicar el tipo de superficie. Estas manchas pueden ocurrir en una variedad de superficies, tales como alfombras, madera, azulejo, papel pintado, vestimenta, etc.

El tipo de superficie y la cantidad afectan los patrones de las manchas de sangre, incluyendo el tamaño y el aspecto de las gotas.

- Si la superficie dura y menos porosa o lisa, la mancha se distorsionará menos o se romperá y separará menos.

- En una superficie áspera y porosa, las gotas se romperán y separará más.

Por ejemplo, una gota que cae sobre una superficie de vidrio liso, la gota se mantendrá bastante intacta.

Las gotas que golpean contra una superficie dura y lisa, como un pedazo de cristal, tendrán poco o nada de distorsión alrededor de su borde.

Gotas que golpean superficies absorbentes, como el linóleo o tapiz utilizado en alfombras que cubre el suelo toma un aspecto levemente variado. Se observará una leve distorsión (festón bordado) alrededor del borde de las gotitas.

Las superficies tales como madera o concreto con mayor aspereza harán que las gotas formen espinas dorsales y patrones secundarios de la salpicadura.

La sangre que impacta sobre concreto o cemento rayado tendera a quebrarse y separarse.

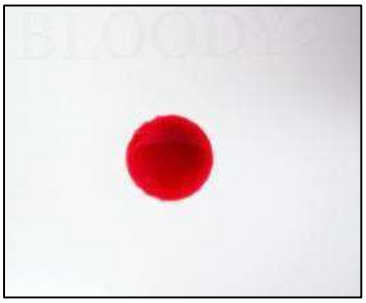


Figura 45. Manchas de tipo goteo sobre superficie lisa, donde la gota se mantiene como un círculo de bordes lisos.

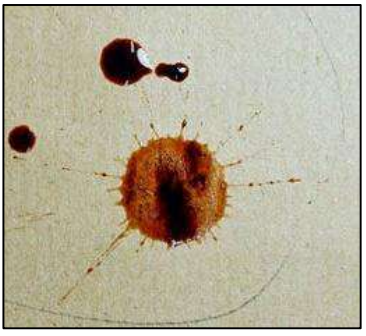


Figura 46. Manchas de tipo goteo sobre superficie áspera o porosa, produce festoneado, dentellones y satélites.

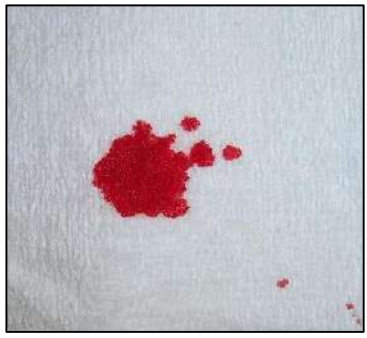


Figura 47. Manchas de tipo goteo sobre superficie áspera o porosa produce una mancha con forma de mapa.

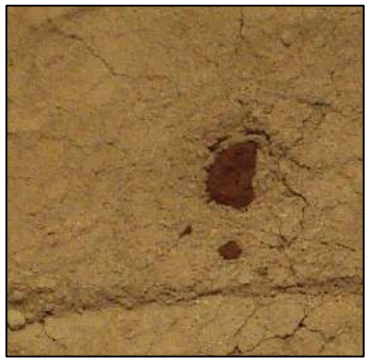


Figura 48. Manchas de tipo goteo sobre superficie terrosa.

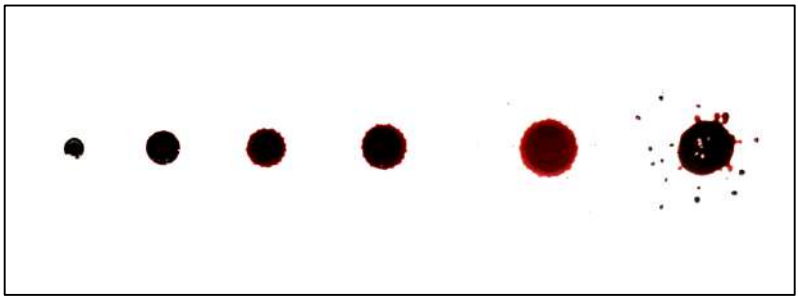


Figura 49. Manchas de tipo goteo sobre superficie lisa (loza cerámica liza o mayólica) a 5cm., 15cm., 30cm., 50cm., 1m., y 2m., de izquierda a derecha.

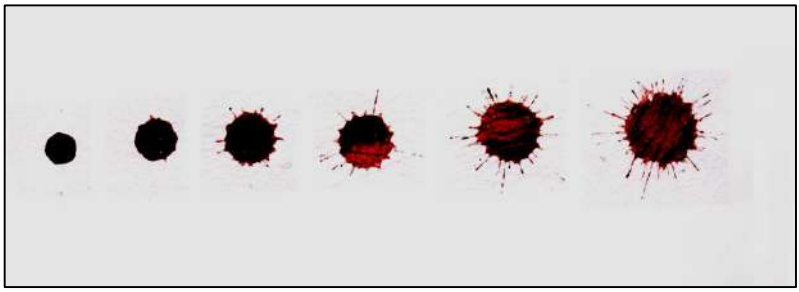


Figura 50. Manchas de tipo goteo sobre superficie rugosa (cartulina áspera) a 5cm., 15cm., 30cm., 50cm., 1m., y 2m., de izquierda a derecha.

CAPÍTULO VIII

CLASIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

Un paso crítico en el análisis de los patrones de manchas de sangre es la clasificación en uno de los varios grupos de clasificación (por ejemplo: manchas de tipo salpicadura, impacto, etc.).

Algunos autores categorizan basados en el concepto del tamaño de la mancha de sangre en contraste con la cantidad de fuerza de propulsión de la sangre al ser impactada. Estas categorías se refieren a la naturaleza de la fuerza del impacto o fuerza causante de la mancha, clasificándolas en alta, media y baja velocidad de impacto.

En la práctica, las condiciones de velocidad baja, media o alta, pueden ser confusas y en ocasiones se han utilizado indistintamente. Actualmente se están usando clasificaciones basadas en las descripciones del patrón de mancha de sangre y que la IABPA, ha establecido como un parámetro en el sistema de clasificación taxonómica de las manchas.

Las manchas de sangre y los patrones se clasifican en función de las características físicas del tamaño, la forma, la ubicación, concentración y distribución. Sin

embargo, no es sino un paso más en el análisis global. La categorización prepara el escenario para que el analista pueda definir con mayor eficacia el origen de un evento que dio origen a una mancha de sangre en particular.

Figura 51. Clasificación de los patrones de manchas de sangre según su morfología de la IABPA.

a. Manchas de Sangre Pasivas: Goteo, Escurrimiento y Charcos

Las manchas de sangre pasivas son manchas creadas o formadas cuando la fuerza que actúa sobre la fuente productora, es la fuerza de la gravedad exclusivamente.

i. **El goteo pasivo** – Una gota de sangre pasiva en el aire se crea cuando el volumen y la masa de la gota se incrementan hasta un punto, donde la atracción gravitatoria supera las

fuerzas de cohesión molecular de la sangre a la fuente.

El volumen requerido para producir estas gotas de sangre en caída libre, está en función del tipo de la superficie y la superficie de la que la gota de sangre se ha originado. Por ejemplo, la investigación y la experimentación han demostrado que el volumen de una gota de sangre pasiva cayendo a través del aire de la punta del dedo es mayor que aquella gota que se origina a partir de una aguja hipodérmica y más pequeña que una gota que se origina en la superficie de un bate de béisbol.

El volumen de una gota típica o promedio de sangre se ha calculado que aproximadamente es de 0.05 mililitros con un diámetro medio de 4,56 milímetros (mientras está en el aire). Estos valores medidos pueden variar en función de la superficie de la cual la sangre se ha reducido.

En sus primeras investigaciones, MacDonell estableció que la velocidad terminal de un máximo de tamaño medio (0,05 ml) en caída libre de sangre es de aproximadamente 25,1 metros por segundo y se obtiene en un máximo de caída distancia de 6 a 7 metros. El diámetro resultante de la mancha de sangre producida por caída libre, está en función del volumen de la gota, la textura de la superficie que impacta y la distancia recorrida.

No es posible establecer con un alto grado de precisión la distancia de caída de una gota de sangre pasiva en una escena del crimen ya que el volumen original de la gota es una variable desconocida. Pero si es posible establecer en gotas producidas por una fuente sangrante en movimiento, la dirección de trayectoria de la fuente por la ubicación de los satélites y dentellones que presentan las gotas.

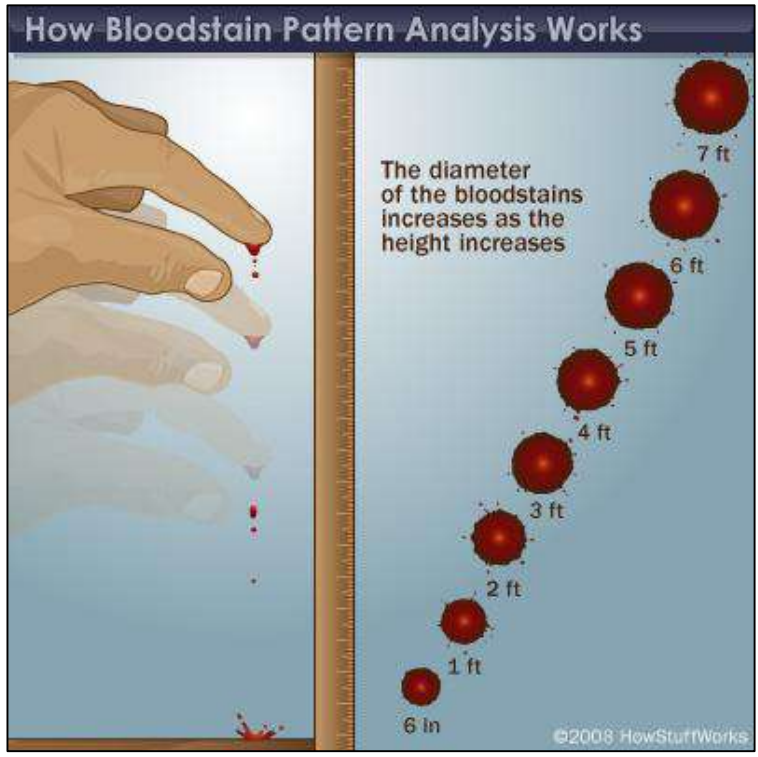


Figura 52. La altura desde la que cae la gota afecta a la velocidad de la gota de sangre. La velocidad de la sangre a su vez afecta el ancho de la gota de salpicadura de sangre. Tomado de *How Bloodstain Pattern Analysis Works* (Shanna Freeman, 2008).

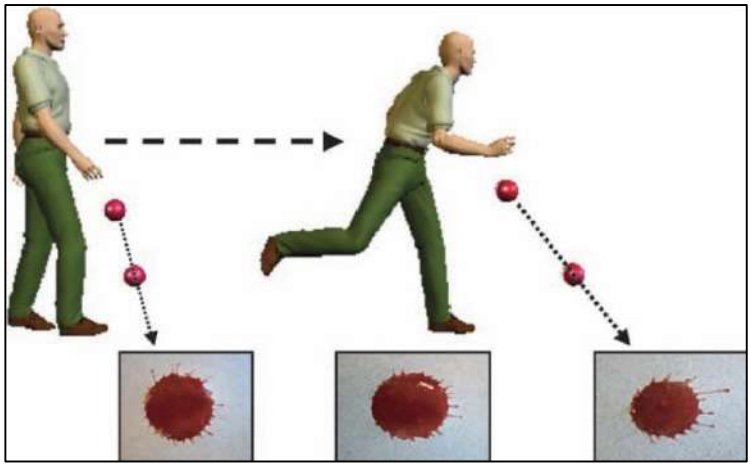


Figura 53. Manchas de tipo goteo direccionado, nos pueden ayudar a determinar la dirección de desplazamiento de la persona herida o portadora de un objeto ensangrentado, así como la velocidad de desplazamiento. Tomado de Bloodstain Pattern Analysis with an Introduction to Crime Scene Reconstruction (Tom Bevel y Ross Gardner, 2008).

ii. **Piscinas o charcos** – Es un patrón de mancha de sangre que resulta de una fuente de sangre goteando o escurriendo sangre por un periodo sin movimiento que permita formar charcos o lagunas. La posición de charcos con respecto al cadáver puede indicarnos cambios de la posición del mismo. Si un cadáver en posición decúbito ventral, con una lesión sangrante en el pecho y el charco de sangre no se encuentra debajo del cadáver, sino al lado, indica cambio de posición,

Figura 54. Mancha charco o piscina de sangre.

iii. **Patrón de flujo o escurrimiento** – Un cambio en la forma y dirección de la mancha de sangre debido a la influencia de la gravedad o movimientos de la fuente sangrante u objeto soporte.

Su mayor interés radica en que permiten reconstruir los cambios de posición que haya experimentado el cadáver, El reguero sigue siempre en su dirección la influencia de la gravedad; regueros opuestos, por tanto indicarán cambios de posición. Si un cadáver está en decúbito de prono y presenta una herida perforante de corazón y tiene un escurrimiento que se dirige a la derecha, cruza el tórax y llega a la espalda, es que ha sido movido de lugar.

Igualmente, los escurrimientos pueden dar información de supervivencia de la víctima y señalar el recorrido que hiciera después de la agresión.

Figura 55. Mancha de tipo escurrimiento.

Figura 56. Mancha de tipo escurrimiento en el cadáver indica movimientos posteriores al hecho.

iv. **Coágulos** – Volúmenes de sangre que una vez que han abandonado el cuerpo, ha transcurrido el tiempo necesario para que la sangre se separe en suero y coágulo. Un volumen de 500 ml. de sangre coagula aproximadamente entre

15 a 20 minutos, después de producido del derramamiento de la misma fuera del cuerpo.

La sangre derramada en vida coagula con rapidez, la sangre derramada después de la muerte, no coagula o lo hace de manera incompleta. Esta propiedad no se pierde inmediatamente, sino que se da entre unas 6 horas como máximo. La existencia de coágulos de sangre en la mancha indica la sobrevivencia de la víctima.

b. Manchas de Sangre por Transferencia o Contacto

Una mancha de transferencia o contacto es la producida cuando un objeto con sangre sobre sí o sangrante, entra en contacto con un objeto o superficie que no tenía sangre. Puede en algunos casos permitir identificar el objeto que produjo la impresión.

Existen tres tipos fundamentales de manchas de sangre transferidas:

i. **Contacto pasivo** – Cuando el contacto entre la superficie sangre y la superficie secundaria no sangrante se da sin movimientos deslizantes entre ambas y puede producir la impregnación o embebido de la sangre en soporte secundario. Tienen extraordinario interés cuando dibujan huellas de las manos o los pies, o graban la silueta del arma utilizada, etc. Las dimensiones que alcancen las manchas

en los vestidos empapados, pueden dar una idea del tiempo de permanencia en contacto con la sangre. Entre algunos ejemplos tenemos:

- Impresiones digitales y palmares.
- Huellas de calzado o plantas de pie desnudo.
- Armas de fuego u otras como cuchillos, barras de metal, bates de béisbol, llaves de tuercas de automóvil, etc.

Figura 57. Contacto Pasivo de pie desnudo.

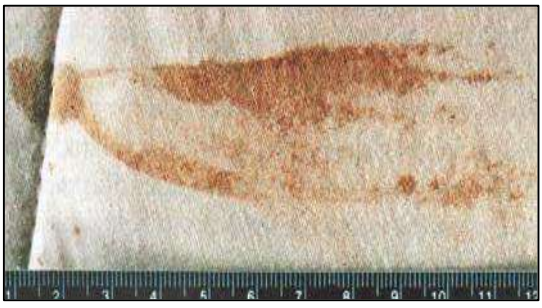


Figura 58. Contacto Pasivo sobre tela donde se evidencia la silueta de un cuchillo, arma utilizada en un homicidio.

ii. **Patrón de Rozamiento o Contacto Activo** – Cuando se da la transferencia de sangre desde un objeto ensangrentado a una superficie no manchada en movimiento, permite forman este tipo de patrón de mancha. La dirección puede ser determinada por el borde más tenue o ligero. Patrones de cabellos arrastrados involucran que el cabello de la víctima, normalmente se ve como una pluma de tinta muy afilada que produce líneas muy finas de manchas de sangre.

La interpretación del patrón de una mancha de sangre transferida es frecuentemente una tarea muy compleja. Por ejemplo: La examinación de las ropas de una persona podría indicar la presencia de sangre proyectada o salpicada y que normalmente esta es encontrada dentro de los agujeros del tejido del vestido, la sangre de transferencia en cambio, sólo está presente en la parte más externa o superficie del tejido. Esto significa que el sujeto no fue alcanzado por la sangre cuando rozó o entro en contacto con la víctima como se presumió inicialmente, pero sí estuvo presente en el momento en que la sangre estuvo proyectándose.

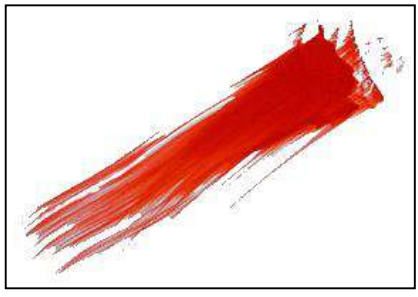


Figura 59. Rozamiento por cabello ensangrentado.

Figura 60. Rozamiento digital.

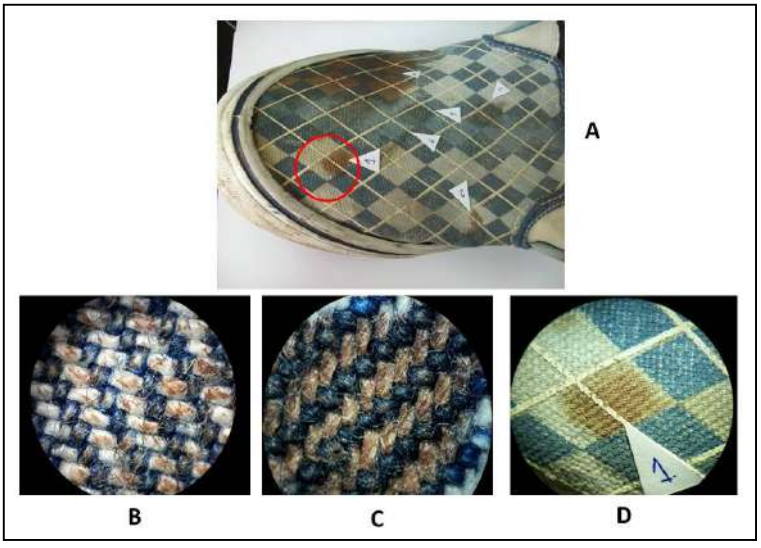


Figura 61. En la figura **A,** se determinó que corresponde a tipo goteo (zapatilla del agresor), por comparación con las manchas recreadas en laboratorio por contacto **B** y goteo **C**, (**D** ampliación de **A**).

iii. **Patrón de Limpiamiento** – Un patrón de mancha de sangre es creado, cuando un objeto se mueve a través de una mancha de sangre ya existente, removiendo o alterando su apariencia.

Figura 62. Patrón de Limpiamiento.

c. Tipos de Manchas de Sangre Activa, Salpicada o Proyectada

Una mancha de sangre proyectada ocurre cuando alguna forma de energía ha sido transferida a la fuente de sangre, o cuando la fuente expuesta con sangre, es sometida a una acción o fuerza mayor que la fuerza de la gravedad (producida interna o externamente).

El tamaño, la forma, y el número de manchas que resultan dependerán, sobre todo, de la fuerza utilizada para impulsar la fuente de la sangre.

Esta categoría se puede subdividir más a fondo, incluyendo:

i. **Manchas de Tipo Salpicadura por Impacto –** Este patrón se produce cuando una fuente ensangrentada, recibe un golpe, impulso o una fuerza dando por resultado la dispersión al azar de gotas más pequeñas de la sangre.

Contrario a lo que el nombre indica, los términos de "salpicadura por impacto a baja, media o alta velocidad", no describen la velocidad de la sangre salpicada vuela o se desplaza por el aire. La variación en la velocidad está orientada a explicar o describir la cantidad de energía transferida a la fuente de sangre para crear las manchas de salpicadura de sangre.

Es frecuente que los términos Fuerza y Energía, sean medidas en unidades de pies/segundos o metros/segundo. Lo cual es una incorrección. Porque velocidad es el tiempo en el que se desplaza un objeto en una determinada dirección medida en (m/s), en cambio la fuerza está relacionada a la velocidad y la masa del cuerpo que se desplaza y se mide por ejemplo en **Newtons (N) = 1 kg •ms-^{2}**. Y la energía (trabajo) está relacionada con la fuerza ejercida sobre un objeto y se mide en **Joules (J) =** (**Nm) o (kg • m^2 s-^{2}**).

Esta categoría se puede subdividir en:

1. **Salpicadura por Impacto a Baja Velocidad (LVIS)** – Es un patrón de mancha de sangre que es causado por una

fuerza de impacto baja sobre la fuente de sangre a una velocidad menor a 5 pies/s. (1,5 metros/s.) La mayoría de las manchas es generalmente más grande que 3,0 a 4,0 mm., de diámetro. Por ejemplo: El hecho de caminar dentro de un charco de sangre descalzo o con calzado, causa que la energía del impacto salpique la sangre fuera del charco. La sangre proyectada que escapa por los lados del pie, se observará alargada, por el ángulo muy agudo.

2. **Salpicadura por Impacto a Velocidad Media (MVIS) -** Es un patrón de mancha originado por una fuerza de impacto de velocidad media sobre una fuente ensangrentada. Una típica golpiza o pelea produciría este tipo de salpicadura. La velocidad de impacto va desde 5 a 25 pies/s. (1,5 a 7,6 metros/ s.), y el tamaño preponderante de la mancha de 1 a 3 mm., aunque un número considerable de las manchas de sangre pueden ser más pequeñas.

Figura 63. Manchas de tipo salpicadura producida por caminar sobre un charco de sangre. Tomado de Bloodstain Pattern Analysis with an Introduction to Crime Scene Reconstruction (Tom Bevel y Ross Gardner, 2008).

Una gota de sangre no se romperá, por sí sola, mientras esté volando a través del aire a menos que algún tipo de fuerza actúe sobre la gota. La fuerza debe tener la energía suficiente para superar la tensión superficial de la sangre, lo cual ocasiona la liberación de cientos de pequeñas gotas. Lo que resulta es una salpicadura de velocidad media.

Este tipo de manchas generalmente está asociado con lesiones ocasionadas por golpizas, especialmente en aquellas en las cuales un objeto contundente es usado.

Figura 64. Manchas de tipo salpicadura producidas por el golpe con un objeto contundente.

- Un lanzamiento de una bola de béisbol se estima que está en un rango de 50 a 75pies/s. Esto puede aún ser clasificado como un impacto a velocidad media, porque la velocidad necesaria para ser considerada impacto a alta velocidades debe ser mucho más grande.

- Las velocidades más altas que involucran las muertes ocasionadas por palizas no se acercan a las velocidades que involucran a los proyectiles más lentos disparados por un arma de fuego.

- Resulta imposible confundir un área extensa cubierta con sangre producida por impacto de proyectiles de escopeta de caza a la cabeza, con una muerte por golpiza que involucra múltiples golpes a la cabeza.

- Si un espacio vacío o en blanco se observa en una escena cubierta de sangre, este espacio indicaría la presencia de un blanco intermedio. Es decir, alguien o algo estaban presentes a la escena durante el derramamiento de sangre y ha sido subsecuentemente retirado de la escena.

- Sospechosos responsables de las palizas frecuentemente, pero no siempre, se vuelven un blanco de sangre salpicada. La ropa del sospechoso debe convertirse en un punto focal para el investigador cómo es posible señalar que ciertas salpicaduras sobre la vestimenta del sospechoso, la cual es consistente con salpicadura de velocidad media, que a su vez es consistente con el hecho de muerte por una paliza.

- El fotografiado de las manchas de salpicadura usando testigos métricos de cartulina encada área de salpicadura en la ropa es una manera excelente de documentar esta evidencia.

3. **Salpicadura por Impacto a Velocidad Alta (HVIS)** - Es un patrón de mancha de sangre causado por una fuerza de impacto de velocidad alta sobre una fuente de sangre.

   Esta involucra grandes fuerzas aplicadas a la sangre líquida, dispersándola en muy finas

partículas. La concentración de sangre dispersada por impactos de alta velocidad produce un efecto aerosol, formando una nube de finas gotitas de salpicadura, tales como las producidas por impactos de proyectiles de armas de fuego o maquinaría a alta velocidad. Las fuerzas que se generan son superiores a los 30 m/s, y el tamaño preponderante de la mancha de 1,0 mm., a menos, tiene un aspecto parecido a una nube.

Los patrones de alta velocidad pueden ser creados por impactos de proyectiles de armas de fuego o explosiones, pero podría ser causado también por maquinaría industrial, estornudos o por toser.

- Debido a que la sangre es convertida en una fina nube parecida a un atomizador, la sangre no viajará muy lejos influenciada por algunas fuerzas externas tales como la brisa producida al abrir una puerta.
- La salpicadura de velocidad media acompañará la salpicadura de alta velocidad debido a que no hay fuerza sufíciente para atomizar la totalidad de la mancha de sangre.
- En casi todos los casos donde se han detectado impactos a alta velocidad, un disparo por arma de fuego es la causa. Otros ejemplos incluyen a:

- ❖ Explosiones, lesiones causadas por turbinas o grandes hélices u otra maquinaria que involucra rotación de algunas de sus partes a alta velocidad.

- ❖ En el orificio de entrada y salida de una herida por arma de fuego en la cabeza se producen dos fuentes de sangre.

ii. **Retro salpicadura -** Es sangre dirigida hacia atrás, hacia la fuente de energía o fuerza que originó la salpicadura. La herida del orificio de entrada produce que la sangre se disperse hacia atrás, al interior de tubo cañón de arma de fuego como retrosalpicadura. Por lo que se debe examinar a una persona sospechosa de haber hechos disparos a corta distancia la presencia de manchas de retrosalpicadura, en las manos del supuesto suicida, en las manos del sospechoso, y en el tubo cañón del arma de fuego sospechosa.

Figura 65. Retroproyección de la sangre después de un disparo.

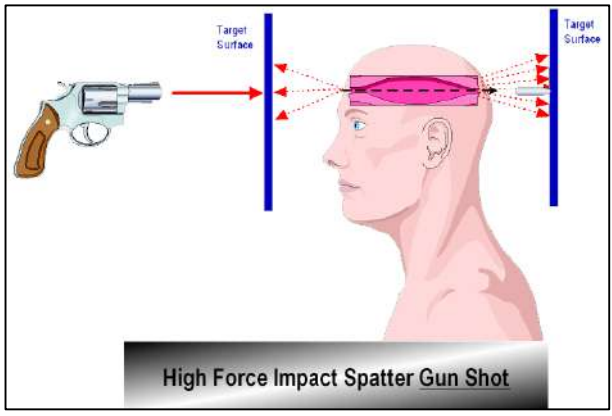


Figura 66. Conos de salpicadura anterior y posterior en disparos a cañón aplicado o boca tocante.

iii. **Spry de Salpicadura a alta velocidad -** que es la que acompaña a la salida del proyectil, masa encefálica, otros tejidos y hueso.

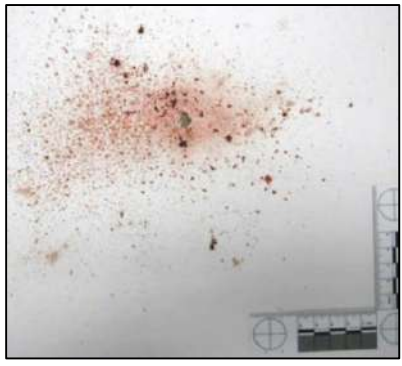


Figura 67. Salpicadura de sangre creada por disparo de arma de fuego.

iv. **Patrón de Sangre Lanzada o Arrojada** - Es un patrón de mancha de sangre, creado cuando la sangre es lanzada o arrojada desde un objeto ensangrentado en movimiento.

La salpicadura de sangre lanzada o arrojada involucra sangre proyectada por un objeto que está en movimiento. Esto esta normalmente asociado con dos impactos o golpes ya que el primero produce el sangrado; el segundo (y todos los subsecuentes golpes) dispersa la sangre que se adhirió al instrumento o arma utilizada.

- Si el instrumento usado para producir la paliza retiene sangre muy bien y se pretende volver a golpear a la víctima, se trazará un sendero de sangre arrojada o lanzada, dirigido desde abajo o desde el instrumento ensangrentado hacia atrás o arriba, formando un arco oscilatorio.
- Una senda característica o grupo de sendas conducirá hasta el cuerpo o punto de convergencia.
- Para determinar el número de golpes mínimo, se deberá contar el número de sendas.
- La sangre presente sobre el techo es usualmente indicativo de sangre lanzada o arrojada. El área bajo el techo donde la salpicadura perpendicular se observa, normalmente estará asociado con el área en la cual el ataque tomó lugar. La zona más distante de la parte externa del ataque, presenta salpicadura más alargada.
- Si la víctima se movió alrededor durante la golpiza, múltiples áreas de salpicadura

perpendicular serán observables en el techo.

Figura 68. En esta imagen se muestra una recreación de la formación de un patrón de mancha de sangre lanzada o arrojada o cast off**.**

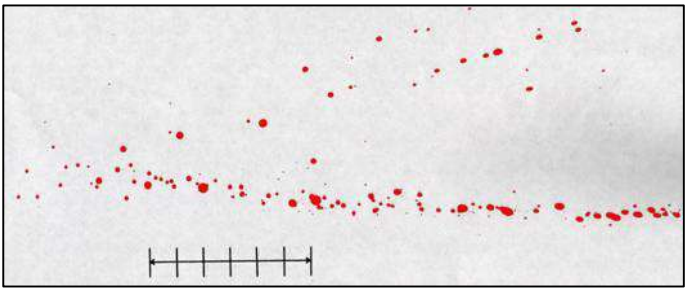


Figura 69. Sangre arrojada o lanzada (*cast off*) en el techo de habitación, este patrón nos puede permitir establecer de acuerdo a los arcos de proyección formados, cuantos golpes se infringieron a la víctima (tres golpes como mínimo).

v. **Patrón de Chorro Arterial -** Es un patrón de mancha de sangre que sale del cuerpo bajo presión desde una rama arterial.

Grandes volúmenes de sangre siendo lanzados contra la pared o sobre el piso, son también frecuentes. En la mayoría de los casos, estos patrones de sangrado son producidos como resultado del corte de una gran arteria lo cual causa que grandes volúmenes de sangre sean proyectadas hacia fuera en forma de chorros.

Los patrones son frecuentemente reconocidos porque ellos se parecen a un gráfico de electrocardiograma, especialmente cuando la persona involucrada se encuentra caminando por un pasadizo o adyacente a una pared. De hecho la presión sistólica asociada con el latido del corazón, es probablemente responsable de este patrón en particular. Las arterias involucradas son frecuentes o típicamente las temporales, carótidas, subclavias y las femorales. Cuando la sangre de estas arterias impacta una superficie llana o plana, ellos, se verán usualmente como sigue:

- Un gran volumen de sangre salpicada se caracteriza por presentar espinas o líneas alongadas recordando la imagen de una estrella.
- Grandes manchas de sangre sin espinas, indican a pesar de que el mismo mecanismo causó la salpicadura, la fuerza de impacto

no fue suficiente para producir el efecto de las espinas.

- Manchas de salpicadura pequeñas que no tengan los volúmenes asociados con los otros dos ejemplos anteriores, pero con patrones muy probablemente asociados con hemorragias arteriales, podrían ser indicativos de una arteria principal más interna. La salida a la superficie no es suficientemente pronunciada a pesar de la fuerza que impulsó la sangre, especialmente la asociada con la presión sistólica, proyecta un volumen más pequeño de sangre fuera de la herida.

vi. **Sangre Expirada -** Sangre que es soplada o expulsada fuera de la nariz, boca o una herida, como resultado de la presión y/o flujo de aire, las cuales actúan como la fuerza de impulso.

En algunas ocasiones puede ser llamada también, aunque de manera errada, "sangre aspirada". Se refiere a la sangre que se ha acumulado en las vías respiratorias de una víctima y la expulsa fuera a través de su boca o nariz. Podría estar presente y aparecer como salpicadura de media o alta velocidad.

La mejor manera para verificar la posibilidad de salpicadura, siendo producida como resultado de sangre expirada en contraposición a una

fuente de impacto de media o alta velocidad, es como sigue:

- Establecer si existe sangre en la boca o nariz de la víctima, si no está presente en una u otra área, esta no es fuente de la salpicadura.
- Determine si el área donde la salpicadura aparece, podría estar presente en un área adyacente a la nariz o boca de la víctima.
- Finalmente, la salpicadura por expiración, presenta pequeñas gotitas a manera de burbujas o de color rojo menos intenso, por la presencia de saliva y aire en la sangre expectorada.

Figura 70. Salpicadura de velocidad media.

Figura 71. Salpicadura de alta velocidad (PAF).

Figura 72. Salpicadura de baja velocidad.

Figura 73. Chorro arterial**.**

Figura 74. Sangre expirada.

Un sistema de Clasificación Taxonómica fue propuesto por Bevel y Gardner, a manera de una clave taxonómica de Clasificación de patrones de manchas de sangre.

La taxonomía es una descripción totalmente articulada de los diversos patrones. En primer lugar, se describen las características del patrón básico y luego de los patrones derivados de ese patrón de mancha de sangre.

El sistema de clasificación taxonómica fue diseñado como una herramienta para el analista de patrones de manchas de sangre. Siempre damos crédito al francés Phillipe Esperanza por sugerir inicialmente la idea de un mapa de decisiones en el análisis del patrón de manchas de sangre. Desde su idea inicial, desarrollamos el D/Map. Un sistema experto para identificar las preguntas más importantes necesarias para resolver un problema dado que conduzca al usuario a la respuesta más probable utilizando el menor número posible de preguntas. El D/Map no "clasifica" el patrón, simplemente guía las preguntas de clasificación inicial planteadas por el analista. No puede reemplazar, ni ha sido destinado a reemplazar al analista competente y debidamente capacitado. Consideremos la clasificación como un proceso para entender su aplicación.

Ejemplo: salpicaduras - salpicaduras lineales – salpicadura tipo arrojada o lanzada (cast off).

También describe las características físicas que deben estar presentes para que los analistas clasifiquen objetivamente un patrón de sangre. Por ejemplo:

El taxón casto off o sangre salpicada arrojada o lanzada incluye: manchas circulares/elípticas, orientadas en

patrones lineales o curvi-lineales, donde los ángulos direccionales de las manchas ubicadas se presentan paralelas y en general en el patrón las manchas se vuelven más o menos elípticas.

Figura 75. Clasificación propuesta por Gardner, Bevel y Wonder ha sido formalizada por el Grupo de Trabajo Científico para el Análisis de Patrones de Manchas de Sangre (**SWGSTAIN**) y ahora forma el estándar de la terminología de BPA.

CAPÍTULO IX

ANALISIS GEOMÉTRICO DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE SALPICADA

El análisis de manchas de sangre usa el patrón de salpicadura para reconstruir la acción que expandió la sangre. Cuando una gota impacta sobre una superficie, la forma de la marca que deja indica la dirección que llevaba y la fuerza con la que fue proyectada. Por ejemplo, la sangre que recorre poca distancia forma grandes gotas circulares en el suelo; pero cuando ha sido proyectada con fuerza se rompe en gotas mucho más pequeñas. Cuando incide sobre una superficie oblicua, se alarga y puede desarrollar una cola que se aleja del origen.

Si se encuentra un patrón claro en las paredes, suelo y techo de una estancia, los investigadores pueden rastrear q partir de cada marca hasta averiguar donde se encontraban la víctima y el agresor cuando cayó cada golpe. Los detectives asumieron durante mucho tiempo que las gotas vuelan en línea recta, y usaban cordeles en la reconstrucción. Hoy, los programas informáticos han automatizado la labor y, de acuerdo con la gravedad, permiten trazar la ruta de la sangre proyectada como un arco suave, logrando mayor precisión.

1. DETERMINACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE DESPLAZAMIENTO EN MANCHAS ACTIVAS DE SANGRE

Cuando una gota se desplaza a través del aire, esta toma una forma esférica. La fuerza de tensión superficial es la causa de que la gota mantenga esta forma, pero cuando la esta impacta sobre una superficie, el ángulo en la cual golpea la superficie determinará la forma resultante de la mancha de sangre sobre la superficie. Cuando la gota impacta sobre una superficie, por la conjunción de las fuerzas de fricción y de inercia, se formará una espina indicando el sentido de viaje de la gota y en algunos casos formará satélites (cuando la espina se separa), dependiendo de la fuerza y la rugosidad de la superficie.

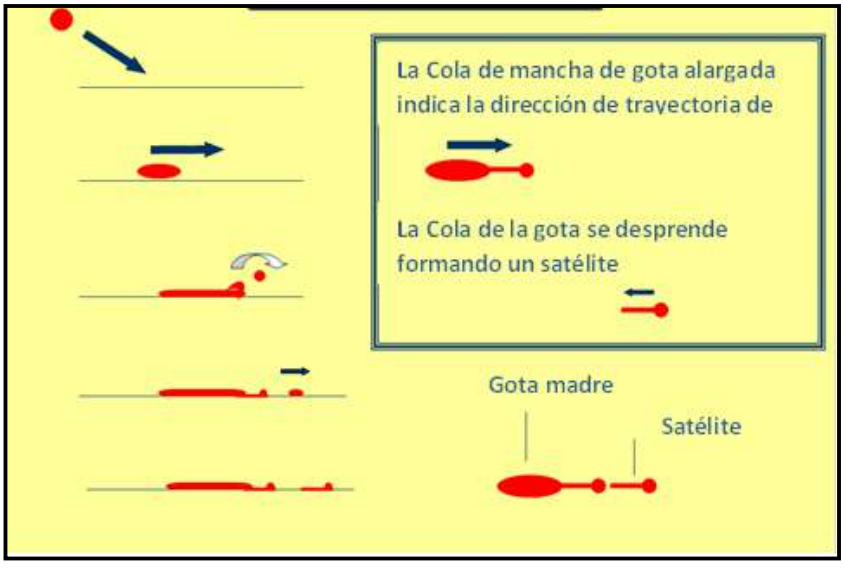


Figura 76. Fases del impacto de una gota de sangre.

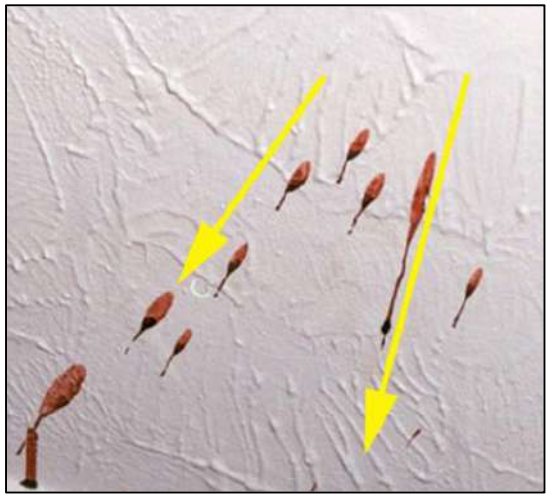


Figura 77. Determinación de la dirección de viaje o trayectoria de la gota de sangre.

2. DETERMINACIÓN DEL ANGULO DE IMPACTO

Es el ángulo en el cual cada gota de sangre impacto contra la superficie. Esto es llamado el ángulo de impacto. Usando esta variable, puede elevarse el punto de convergencia a un plano tridimensional, así localizar el punto de origen de la sangre. El ángulo de impacto afecta directamente el tamaño y la forma de la mancha de sangre.

Como mencionamos recientemente, una gota de sangre en caída libre tiene la forma de una esfera. Debería una gota que impacta en una superficie y produce una mancha bien formada, permitirle a un analista poder determinar el ángulo en la cual esta gota impactó la superficie. Esto está basado en la relación existente entre la longitud del eje mayor, eje menor y el ángulo de impacto.

Una mancha bien formada es aquella que configura una elipse. El Dr. Víctor Balthazard y más tarde el Dr. Herbert León MacDonell, determinaron la relación entre el largo y el ancho de una elipse era la función seno del ángulo de impacto. Midiendo con precisión la mancha producirá fácilmente el cálculo del ángulo de impacto.

El cociente entre ancho/longitud, aumenta generalmente con el ángulo del impacto hasta un valor máximo de 1. Con la ayuda visual del diagrama de la dispersión, se aprecia que la función trigonométrica del seno cabe razonablemente bien.

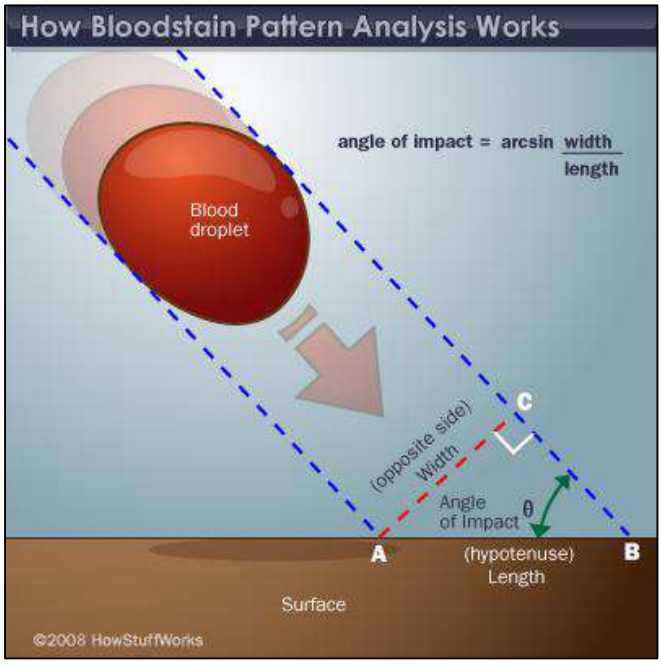
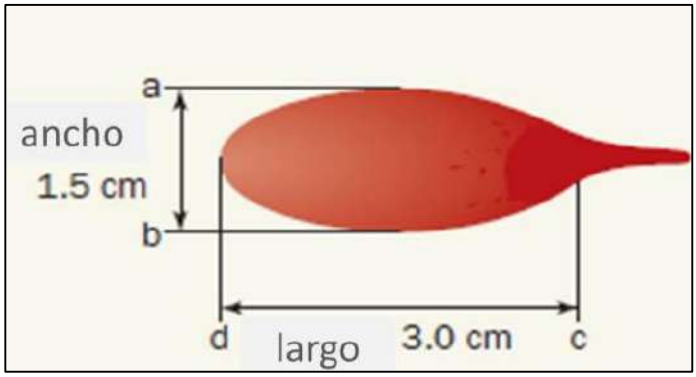


Figura 78. Determinación de la dirección de viaje o trayectoria de la gota de sangre. Tomado de How Bloodstain Pattern Analysis Works (Shanna Freeman, 2008).

Veamos el siguiente ejemplo para poder hacer este cálculo: Tenemos una gota de sangre con las siguientes características, veamos el siguiente gráfico:



Donde el seno del ángulo = Lado opuesto/hipo-tenusa.

O es lo mismo decir ancho de la mancha de la gota de salpicadura/largo de la mancha de la gota de salpicadura y obtenemos el siguiente resultado 1,5/3,0 = 0,5

En realidad, estamos buscando la función seno inversa porque estamos trabajando al revés

Ejemplo: Seno (ángulo) = 0,5

Seno $^{-1}$ 0,5 = ángulo

Resolviendo con la ayuda de una calculadora o la función arco seno o con la ayuda de una tabla de funciones trigonométricas:

Tenemos que el Sin $^{-1}$ 0.5 = 30°.

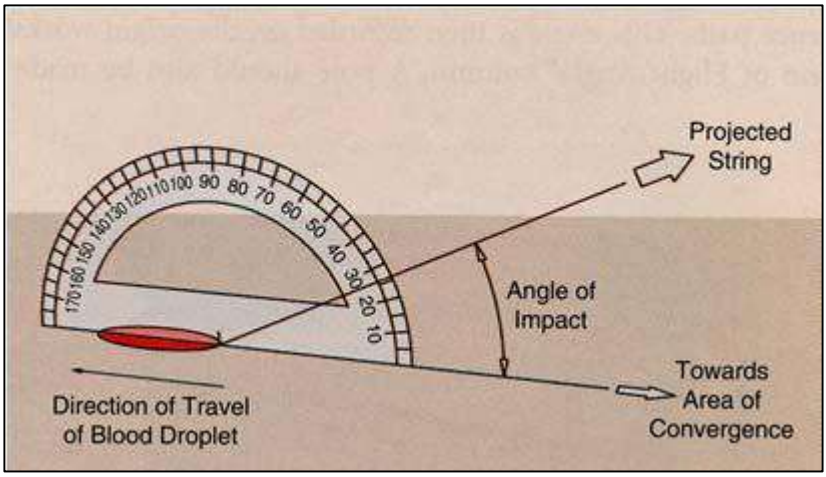


Figura 79. Determinación de la dirección de viaje o trayectoria de la gota de sangre. Tomado de *Principles of Bloodstain Pattern Analysis.Theory and Practice.Stuart H. James, et al. 2005*.

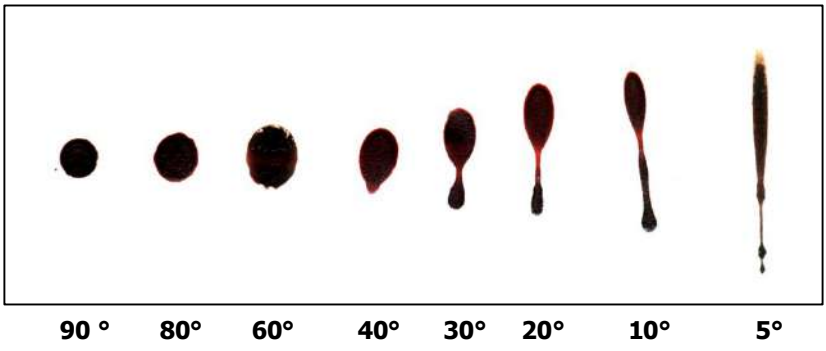


Figura 80. Diferentes ángulos de impacto, donde se aprecia claramente que a medida que el ángulo es menor la gota se alarga. (Fuente propia)

3. EL PUNTO O ZONA DE CONVERGENCIA DE UN PATRÓN DE MANCHA DE SANGRE SALPICADA

Después de que se ha calculado el ángulo de impacto para cada mancha, estamos listos para pasar al siguiente paso, que consiste en localizar el "punto de convergencia".

El punto de convergencia es una estimación de la ubicación de la fuente de sangre en una vista bidimensional. El punto de convergencia se determina trazando una línea recta a través del eje mayor de cada mancha de sangre que se ha seleccionado para el cálculo del ángulo de impacto. Todas estas líneas se interceptan en un punto de la superficie del blanco, formando de esta manera el punto o área de convergencia.

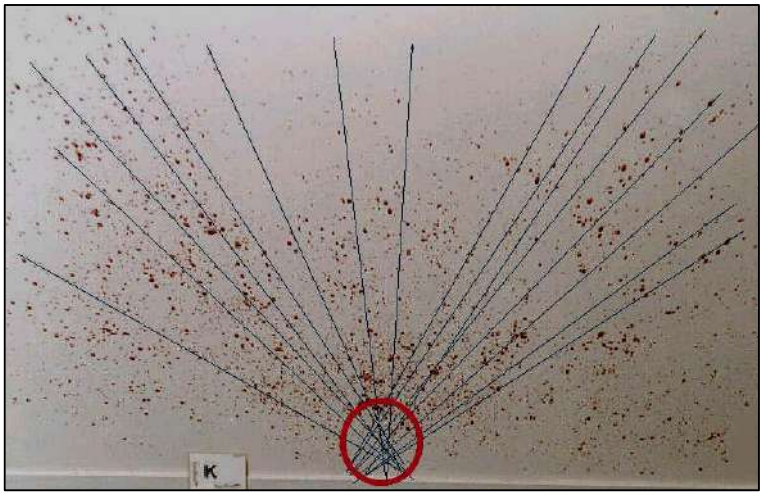


Figura 81. Determinación del punto de convergencia. Tomado de "Bloodstain Pattern Analysis Tutorial".J. Slemko Forensic Consulting.

4. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ORIGEN

El área o punto ubicado en el espacio tridimensional, donde la fuente de sangre estuvo localizada, en el momento del incidente de sangrado por impacto. Esta incluye el área de convergencia con una tercera dimensión en el eje Z, el cual es perpendicular al piso, tiene tres dimensiones y se determina incluyendo el ángulo de impacto.

Usando el ángulo del impacto, se puede determinar la altura de la fuente de sangre sobre el punto de la convergencia. Un triángulo recto se puede construir con la altura sobre la superficie del blanco como un cateto o lado opuesto al ángulo y la distancia horizontal del punto de la convergencia a la fuente de la sangre y como un segundo cateto o lado adyacente. Ahora se puede determinar la altura substituyendo la distancia de la fuente de la sangre y del ángulo de impacto en la definición de la tangente del ángulo en cuestión.

Usando la Ley de las tangentes se puede calcular el punto de origen o la altura o distancia dependiendo de la situación piso para el primer caso y pared para el segundo. Volviendo al triángulo rectángulo y añadiendo el ángulo de impacto, se puede determinar la altura desde donde se originó la salpicadura de sangre. La altura de la fuente de la sangre es el lado opuesto al ángulo de impacto. Para solucionar la altura (o el lado opuesto al ángulo de impacto), se aplica la Ley de las tangentes.

Esto se entenderá mejor con el siguiente ejemplo: Imaginen que los investigadores de una escena del

crimen observaron manchas de sangre en el suelo de la cocina. Los investigadores dibujaron líneas de convergencia y midieron la distancia desde la zona de convergencia para el borde frontal de una gota de sangre. Esa distancia se registró como 1,75 metros. Después de la medición de la longitud y la anchura de la gotita de la sangre y el uso de la Ley de los senos, se determinó que el ángulo de impacto era de 27 grados. La policía quería para determinar el punto de origen, o la altura desde el piso donde la persona estaba sangrando.

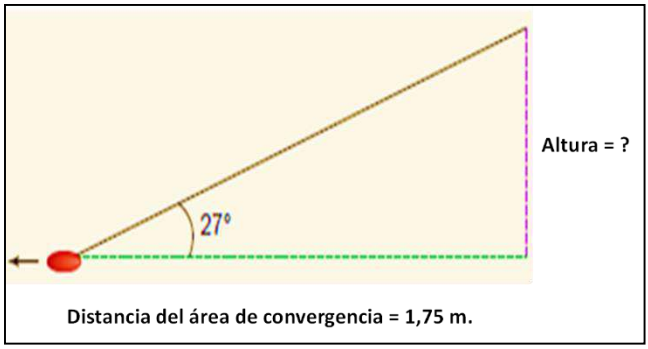


Figura 82. Cálculo del Ponto o área de real o de origen o altura com la función seno del ángulo de impacto.

Resolviendo el problema planteado, tenemos que:

Tan = lado opuesto/lado adyacente = Altura/Distancia

Tangente del ángulo de la mancha de sangre salpicada = Altura de la herida/Distancia desde la mancha de la gota sangre a la zona de convergencia.

Se sustituyen los valores en la ecuación:

Tan 27 ° = Altura de la herida/distancia

Tan 27 ° = Altura/1,75 m.

Resolviendo con la ayuda de una calculadora o la función arco tangente o con la ayuda de una tabla de funciones trigonométricas:

Tan 27 ° = h/1,75 metros

0.51 = h/1,75 m

Despejando h (altura):

h = ~ 0,89 metros es la distancia por encima del suelo, donde la herida comenzó a sangrar

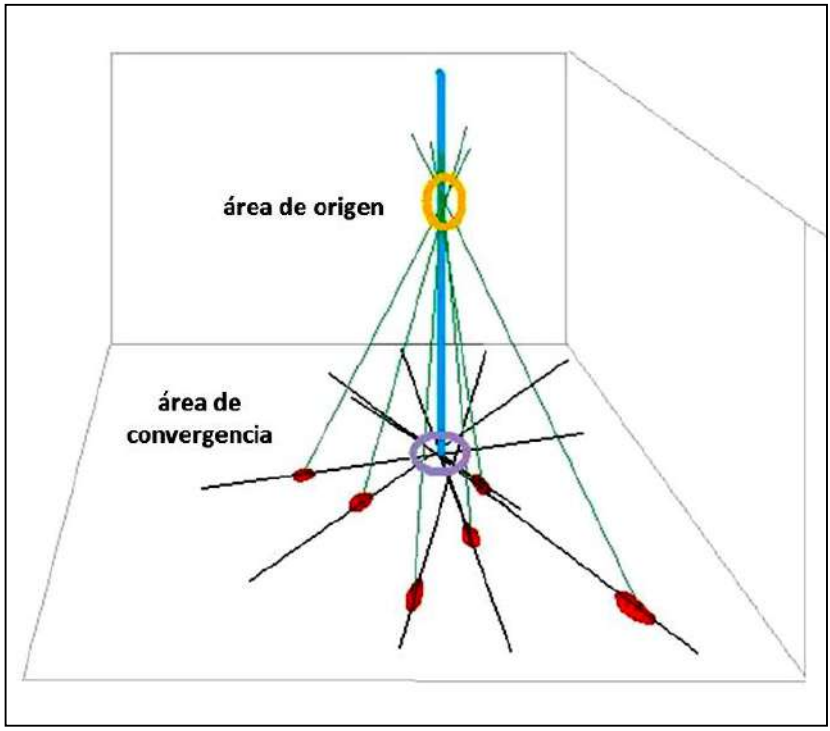


Figura 83. Punto real o de origen. Reconstrucción en dos ejes (izquierda) y en tres ejes (derecha).

Figura 84. Imagen donde se aprecia al perito determinando el punto de origen real o tridimensional.

CAPÍTULO X

LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE COMO UN MECANISMO DE DATACION

1. El examen puede ser conducido para determinar el tiempo de secado general que involucran diferentes volúmenes de sangre presentes en superficies específicas.

2. Como una regla general, la sangre usualmente comienza a coagularse 3 a 6 minutos después de que esta ha sido derramada, terminando de coagularse, entre los 15 a 20 minutos después.

Figura 85. En la siguiente fotografía se aprecia un charco o piscina de sangre con coágulos. Tomado de *Principles of Bloodstain Pattern Analysis.Theory and Practice.Stuart H. James, et al. 2005*.

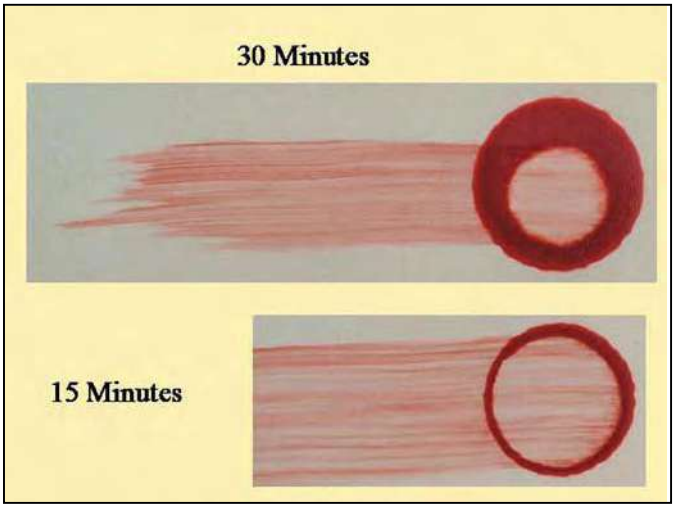


Figura 86. Si se pasa una toalla a través de una mancha de sangre parcialmente seca, a medida que haya transcurrido más tiempo el borde periférico será más grueso. *Tomado de Principles of Bloodstain Pattern Analysis.Theory and Practice.Stuart H. James, et al. 2005.*

CAPÍTULO XI

DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE MANCHAS DE SANGRE (SECUENCIA DE EVENTOS)

Las manchas de salpicadura, las cuales caen sobre otras manchas de sangre, pueden proveer al analista la secuencia particular de eventos que se ha desarrollado.

Una ocurrencia común parece estar referida a los bordes perimétricos de las manchas de sangre conocidas como "**ESQUELETOS**". Los patrones de manchas de sangre esqueletizados ocurren cuando el centro de una mancha de sangre seca se desprende dejando un borde exterior visible, o cuando el área central de una mancha de sangre parcialmente seca se altera por contacto o movimiento de limpieza.

Estos son causados porque la periferia o borde más externo de una mancha, secará antes que el centro de la misma. Antes que el proceso de secado pueda completarse, algún contacto con una gota de salpicadura, causará que el centro de las manchas sea removido, dejando la línea periférica previamente secada detrás. Por lo que una mancha de sangre líquida que entre en contacto con la mancha anterior eliminará el centro de la mancha, haciendo que las manchas más recientes tengan un centro de menor diámetro retirado, con esta observación se puede averiguar que manchas estuvieron antes de que otras

pudiendo establecerse la secuencia de eventos de depósito de las manchas de sangre.

Son también una parte de varios patrones de manchas de sangre.

Figura 87. Gota de sangre esqueletizada, que resulta de la descamación de la sangre seca. Tomado de Principles of Bloodstain Pattern Analysis.Theory and Practice.Stuart H. James, et al. 2005.

CAPÍTULO XII

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA DE LA EVIDENCIA DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

La fotografía de escena de crimen tiene algunos requisitos que son únicos. Los fundamentos generales se mantienen, pero debe prestarse atención especial a las manchas de sangre. Los medios actuales de documentar la escena incluyen una cámara profesional de 35mm (B&W, color y otras películas especiales, las cámaras digitales (como Nikon D70 entre otros) y video (Hi-8, DV y otros formatos). Cada método tiene su inconveniente y sus ventajas. A menudo en la escena se usan métodos múltiples para su documentación (videocámara ha sido incluido aquí porque sigue los mismos principios y proporciona las imágenes de la escena de crimen).

Muchas veces un analista no puede asistir a una escena de crimen con derramamiento de sangre. Por consiguiente, puede tener que hacer todo su trabajo basado en las imágenes de la escena de crimen y notas tomadas por la persona que asistió. Una apropiada referencia de medida de longitud, debería estar siempre presente en las fotografías panorámicas, de rango medio e imágenes de primer plano. Para las imágenes panorámicas, las reglas, deben estar ubicadas en forma paralela y perpendicular al suelo. Esto proporciona al analista y a cualquiera que vea las imágenes, una perspectiva apropiada de lo que ellos están observando. (Nota: en algunos casos las imágenes

panorámicas y de rango medio, se toman con o sin medida).

Existen tres tipos de fotos en una escena de crimen:

1. **Panorámicas** – Gran angular (rango de 28-35 mm) Captura la escena tal como es. Este tipo de imagen provee a cualquiera que no haya estado en la escena del crimen de un buen panorama.
2. **Medio-rango –** Imágenes tomadas con una lente normal (rango de 45-55 mm.), ofrece mejores detalles que el gran angular. En el caso de una escena de crimen con, la imagen de medio rango, podría capturar con detalle una simple mancha de sangre.
3. **Primer Plano o Acercamientos –** Imágenes tomadas con la lente macro, que da una mayor cantidad de detalle. Por ejemplo, un patrón de mancha de sangre de salpicadura por impacto de velocidad media, puede contener miles de manchas individuales donde hay una preponderancia de manchas pequeñas (1-3 mm. de diámetro) algunas de los cuales requiere imágenes individuales.

Figura 88. Fotografía en primer plano de manchas de sangre.

Figura 89. Fotografía con trípode de manchas de sangre.

CAPÍTULO XIII

CONTRASTACIÓN DE LOS PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE EN LA ESCENA DEL CRIMEN CON LAS LESIONES DE LA VÍCTIMA

Se requerirá de la información proporcionada por el médico forense que revisó a la víctima, ubicación anatómica exacta de las lesiones, estatura y contextura de la persona. Conjugada esta información con los datos del punto de origen de la salpicadura de manchas de sangre, se puede obtener una materialización o reconstrucción completa de los hechos.

Hoy en día existen programas de Infografía Forense, que recurren a software de diseño gráfico, construcción y animación de imágenes virtuales en 3D, que facilitan este proceso de contrastación y materialización haciendo más gráfica la reconstrucción de los hechos.

Figura 90. Materialización de la reconstrucción en el lugar de los hechos con las lesiones.

CAPÍTULO XIV

CONSIDERACIONES GENERALES A TENER EN CUENTA A LA HORA DE ANALIZAR PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE

- Generalmente, la evidencia basada en rastros de sangre es normalmente más informativa en los casos donde un sospechoso y la víctima entran en contacto o existe una proximidad íntima. Por ejemplo, si el presunto agresor ataca con un arma blanca o golpea una víctima, podría haber un intercambio de sangre entre la víctima y el sospechoso. Si el agresor dispara a la víctima desde un extremo de una habitación al otro extremo, es menos probable que ocurra un intercambio de sangre.

- Ocasionalmente algunos investigadores recolectan las muestras de sangre de un escenario criminal ciegamente sin intentar hacer un análisis de los hechos que dicha evidencia por sí sola están intentando darnos a conocer. Un ejemplo común es el de la escena del crimen que consiste en el cuerpo de una víctima por impacto de proyectil de arma de fuego (IPAF), encontrada sola en su residencia. Algunos investigadores recolectarán varias muestras de sangre alrededor del cuerpo. Esto es innecesario, ya que sólo permitirá establecer que la víctima sangró en la escena del crimen. Este hecho ya es probado por

la presencia del cuerpo; sin embargo, una muestra de sangre agrupada al lado del cuerpo puede ser colectada para confirmar los resultados obtenidos de la muestra de la sangre de referencia de la víctima.

- El investigador de la escena de crimen debe concentrarse para recolectar la evidencia que va a proporcionar la información más útil que permita establecer los hechos ocurridos en un escenario criminal. El investigador debe equilibrar esto con la filosofía de demasiada evidencia coleccionada es mejor que colectar insuficiente evidencia. El investigador debe concentrarse en colectar muestras representativas de "manchas de sangre periféricas", como las que están fuera del cuerpo y el área principal de acción, o los patrones que difieren de la mayoría de los de salpicadura de sangre. Estas manchas pueden proporcionar información útil. El investigador también debe buscar los senderos de sangre que dirigen hacia la salida de la escena. Estos podrían haber sido originados por el agresor herido huyendo de la escena. Si se establece la existencia de un sospechoso en un caso, entonces él o ella deben examinarse para verificar la presencia de heridas. De existir estas deben documentarse y fotografiarse. Ésta evidencia es útil y nos permitiría homologar con las manchas de sangre encontradas en la escena del crimen para ubicarlo en esta última.

- La sangre es uniforme en cuanto a su carácter y puede producir diagramas específicos, de acuerdo a la premisa de que todos los patrones de manchas dependen de las fuerzas que las han creado.

- La sangre como cualquier otro líquido, responde a la fuerza de cohesión molecular, denominada tensión superficial, la cual hace que una gota tenga forma circular al caer libremente y que sea resistente a la ruptura incluso al chocar contra una superficie lisa y limpia como el cristal, sin importar cuál sea la altura desde donde cae. Sin embargo, al tratarse de una superficie áspera o la intervención de otra fuerza o energía, este principio pierde validez.

- Antes de que una gota de sangre caiga, en ausencia de cualquier otra forma de energía aplicada, la atracción gravitacional que actúa sobre ella, debe exceder su tensión superficial y dicha gota tiene un volumen de 0,05 ml. a menos que haya intervenido otra fuerza. Al caer libremente, su velocidad final es de aproximadamente 7,65 m/s.

- A gran velocidad, la mayoría de las gotitas de sangre tienen un diámetro menor a 1,0 mm. y por lo general recorren una distancia no mayor de 1,17 m. Cuanto más pequeño es el tamaño de ellas, mayor es la energía requerida para producirlos. El impacto de la salpicadura de la velocidad bajo, medio, y alto se puede identificar por sus tamaños respectivos, pero las excepciones deben también ser consideradas.

- El diámetro de una gran mancha de sangre tendrá poco valor en la estimación de la distancia del lugar de impacto al punto de origen.

- Cuando se tiene en cuenta la forma de una mancha de sangre para el cálculo de su ángulo del impacto, solamente una mancha de sangre con forma aguda,

bien definida puede ser utilizada para tal fin a través de la medición de su ancho y longitud y que permita establecer su ángulo de impacto.

- La direccionalidad de una gota de sangre proyectada, es generalmente tomada a partir de la geometría de la mancha de sangre resultante. El extremo aguzado, indica la dirección del recorrido previo del impacto sobre una superficie. La direccionalidad puede también ser determinada cuando el ondulado parecido al borde de las conchas de abanico, aparecen solamente en un lado de una mancha de sangre. Las gotas de sangre primarias producen gotas de salpicadura más pequeñas que apuntan hacia la fuente.

- La interpretación correcta de los patrones, debe incluir la consideración de la textura superficial del material sobre el cual se han depositado las manchas de sangre. No se debe olvidar nunca que es la textura de la superficie y no la distancia de la caída, la que determina el grado de salpicadura y tratar de reproducir este soporte permitirá obtener mayor información en condiciones similares, ya que no es el mismo patrón si las manchas caen sobre la superficie absorbente como una alfombra, a que si éstas caen en la superficie absorbente como una baldosa o un vidrio.

- Las características del borde de una mancha de una gota sangre no tienen ningún valor en el establecimiento de la distancia a menos que se considere, la naturaleza de la textura superficial donde esta impactó.

- Las conclusiones en cuanto a la significación de un número escaso de manchas de sangre, deben limitarse al plasmado en dibujo solamente, teniendo reservas en la interpretación. Debe recordarse, que algunas manchas no forman un patrón. No hay nada malo con admitir que las manchas de sangre disponibles son escasas para formar una opinión. Es mejor no tener una opinión que tener una incorrecta.

- Cuando una docena o más de pequeñas manchas de sangre se presentan en un patrón reconocible, el tamaño de las mismas puede permitir una predicción en cuanto a la energía que fue requerida para producirlas. Cuando la preponderancia de los diámetros individuales de la mancha de sangre es menos de 1mm., ellas son consecuentes con las producidas como resultado de un impacto de la alta velocidad. Resultarían frecuentes en impactos con proyectil de arma de fuego y cuando la preponderancia de las manchas de sangre individuales es aproximadamente de 1,0 mm., o más en diámetro, son consecuentes con aquellos producidos como resultado de un impacto de velocidad media. Serían frecuentes en golpizas o ataques con arma blanca.

- La forma de una mancha de sangre está en función del ángulo con el cual impacta una superficie. Es perfectamente circular si la mancha resulta de un impacto de 90°. El ángulo del impacto de una mancha de sangre elíptica puede ser calculado a partir de la relación entre su longitud y ancho (al disminuir el ángulo, los diagramas de las manchas se vuelven más

alargadas). Para el análisis del ángulo de impacto aplicamos el teorema del seno, al dividir el cateto opuesto sobre la hipotenusa, nos dará el ángulo con el cual ha caído la gota de sangre. En este caso, el largo sería la hipotenusa, y el ancho el cateto opuesto. Como conocemos esas medidas nos resulta sumamente sencillo determinar el ángulo de impacto.

- Cuando las medidas de los ángulos, se utilizan para establecer el punto o área de origen, Sea que el origen real esté en alguna parte por debajo o encima del punto o de los puntos de la convergencia, se debe recordar que el investigador está trabajando en tres dimensiones, determinando un volumen espacial y no sólo un punto de origen pequeño en un espacio bidimensional.

- La retrosalpicadura o retro spray, ocurre generalmente cuando se hizo uso de un arma de fuego y cuando hay menos de 7, 6 cm., entre la boca del cañón y el blanco, presentándose sangre dentro del cañón, las cuales son más profundas cuando mayor es el calibre del arma, mayor sea la carga y mayor capacidad de retroceso presenta ésta.

- Cuando la sangre se proyecta hacia arriba con la suficiente fuerza para contactar un techo, será casi siempre el resultado de un PAF que tiene una trayectoria ascendente. Tal trayectoria es más a menudo resultado de un acto suicida que de uno homicida.

- El volumen de la Sangre, es en promedio, un 8 - 9 % del peso corporal total (5 a 6 litros de sangre para los

varones y 4 a 5 litros de sangre para las mujeres).

- Se requiere una pérdida del 40 % del volumen de la sangre, ya sea interna o externamente, para producir un shock irreversible (muerte) y la pérdida de aproximadamente 1,5 litros para causar la incapacitación.
- Donde las salpicaduras son muy claras, es posible deducir incluso más información. El patrón de sangre arrojada desde la punta de un arma es especialmente revelador. Los agresores no mueven e arma en línea recta, y, según el rastro de sangre trace una curva a la derecha o izquierda, será posible saber con qué mano se manejó el arma. La anchura de la huella indica la naturaleza del arma: una navaja deja un rastro más estrecho que de un bate de beisbol. La sangre proyectada también indica ferocidad: los trazos múltiples y de proyección potente podrían ser poderosas evidencias de un ataque frenético y decidido.
- La ausencia de manchas de sangre también puede ser reveladora. Una "sombra" libre de marcas indican que había un objeto entre el origen de la sangre y la superficie sobre la que se han proyectado las gotas. El objeto intermedio portará un patrón de salpicaduras que encajará en la escena del crimen como una pieza de un rompecabezas.
- El estado de ebriedad de la víctima no tendrá ningún efecto significativo en cómo se producen los patrones de la mancha de sangre. Un alto índice de alcohol de la sangre no altera de ninguna manera en la interpretación de sus patrones morfológicos de producción.

- En países, donde intentar aplicar tecnologías de punta como la identificación por ADN a la ciencia de la investigación criminal es casi una utopía, debido a su elevado costo, es una razón suficiente por la cual debemos voltear la mirada hacia donde la investigación criminal tuvo su base y donde la ha tenido siempre, que es en el adecuado estudio de la escena del crimen y de las pruebas que de ahí se recogen. Y a partir de ahí, lo que puedan aportar los análisis del laboratorio no hace sino sumar más datos que en algunos casos son totalmente objetivos y estadísticamente irrefutables, pero en cualquier caso deben encajar dentro de una hipótesis en una investigación criminal. Nos equivocamos cuando olvidamos esto y creemos que la técnica que se desarrolla en un laboratorio por más sofisticado que sea este, provee de información más valiosa que la investigación criminal *in situ*.
- Es evidente el aporte de la interpretación de las manchas de sangre al esclarecimiento del hecho delictivo violento y que a pesar de la sencillez de su aplicación, permite obtener resultados de gran confía-bilidad científica.
- Las conclusiones en cuanto a la significación de un número escaso de manchas de sangre, deben limitarse al plasmado en dibujo solamente, teniendo reservas en la interpretación. Debe recordarse, que algunas manchas de sangre no forman un patrón. No hay nada malo en admitir que las manchas de sangre disponibles son escasas para formar una opinión. Es mejor no tener una opinión que tener una que sea incorrecta.

CAPÍTULO XV
MATERIALES

Hay varias herramientas que se pueden utilizar para el análisis de salpicaduras de sangre.

- El maletín de transporte pequeño o mediano.
- Regla de medición de ángulos (transportador).
- Cinta métrica de 50 metros.
- Reglas milimetradas de 20 cms.
- Testigos métricos lineales y en escuadra.
- Marcadores de evidencia alfanuméricos con adhesivo.
- Calculadora científica.
- Tabla de funciones trigonométricas.
- Alfileres o tachuelas, con cabeza de colores.
- Un ovillo de cordón de nylon de color rojo o verde fosforescente de 100 metros de largo.
- Trípode para ubicar el punto de origen.
- Cámara fotográfica semiprofesional o profesional antireflex.
- Punteros laser
- Cinta masking tape
- Telémetro laser manual
- Kit de pruebas presuntivas para detección de sangre (fenolftaleína, verde de malaquita, bencidina, etc.).
- Frasco gotero con agua oxigenada de 20 volúmenes.
- Frasco gotero con suero fisiológico.
- Frasco gotero con agua destilada.

- Frasco gotero con etanol absoluto.
- Kit de certeza para restos hemáticos (cartuchos de test de inmunocromatografía).
- Kit de luminol, bluestar o hemascein.
- Hisopos de algodón estériles.
- Sobre de papel para embalaje de evidencia hemática.
- Pipetas Pasteur de plástico desechable de 1ml y 3ml.
- Libreta de notas.
- Lápiz de cera.
- Plumón de tinta indeleble delgado y grueso, color negro y color rojo.
- Traje de bioseguridad con protector de calzado y capucha desechable.
- Guantes desechables de nitrilo
- Mascarilla.
- Lentes de protección.
- Lámpara Ultravioleta 415 - 480 nm.
- Lentes filtro UV. de color anaranjado y amarillo.

Figura 91. Maletín (kit) con materiales para análisis de patrones de manchas de sangre.

CAPÍTULO XVI

GLOSARIO DE TERMINOS DE LA IABPA (ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE ANALISTAS DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE)

- **ÁNGULO DE DIRECCIONALIDAD:** El ángulo que se forma entre el eje mayor de una mancha de sangre y una línea predeterminada en el plano de la superficie del objetivo que representa "0" grados.

- **ÁNGULO DE IMPACTO:** Es el ángulo agudo formado entre la dirección de una gota de sangre y el plano de la superficie que impacto.

- **ANILLOS DE BURBUJA:** Es el patrón que se producen cuando la sangre que contiene burbujas de aire se seca y conserva la configuración circular o semicircular de la burbuja.

- **ARCO U ONDA DE SANGRE ARROJADA:** Una pequeña gota de sangre que se origina a partir de una gota matriz debido a la acción de onda del líquido en relación a la superficie impactada.

- **ATOMIZADO O SPRAY:** Cuando la sangre se ha reducido a un rociado fino, como resultado de la energía o fuerza aplicada a una fuente de sangre.

- **AUSENTE (VOID ZONE):** La ausencia de sangre en un patrón de manchas de sangre, debido a que algo o alguien se interpuso entre la fuente de salpicadura y la superficie final de contacto.

- **BLANCO:** Una superficie sobre la cual la sangre se ha depositado.

- **COLUMNA O ESPINA:** Las manchas de sangres puntiagudas o alargadas que irradian lejos de la zona central de una mancha de sangre

- **DIRECCIÓN DE VUELO:** La trayectoria de una gota de sangre que puede ser establecida por su ángulo de incidencia y el ángulo de direccionalidad.

- **EFECTO DE RETROSALPICADO:** Manchas de sangre presentes en el cañón de un arma de fuego que se ha producido por salpicado hacia atrás quedando en la boca del tubo cañón.

- **GOTA MADRE:** Una gota de sangre de la cual se produjo una gota satélite de salpicadura.

- **GOTEO PASIVO (SANGRADO):** Patrón creado por el goteo o sangrado, donde las gotas caen por acción de la gravedad.

- **MANCHA DE SANGRE:** La evidencia constituida por la sangre líquida que ha entrado en contacto con una superficie.

- **MANCHA DE TIPO LIMPIAMIENTO:** Un patrón de manchas de sangre que se crea cuando un objeto se mueve a través de una ya existente, eliminación y/o alteración de su aspecto.

- **PATRON DE CHORO ARTERIAL:** Es el patrón resultante de la sangre que sale del cuerpo bajo la presión de una arteria lesionada.

- **PATRÓN DE GOTEO:** Un patrón mancha de sangre que resulta del goteo sobre un charco previo o mancha pasiva de gran volumen.

- **PATRÓN DE IMPACTO:** Patrón de mancha de sangre creado cuando la fuente ensangrentada recibe un golpe con una fuerza que origina la dispersión aleatoria de pequeñas gotas de sangre.

- **PATRÓN DE FLUJO:** Un cambio en la forma y dirección de una mancha de sangre que escurre debido a la influencia de la gravedad o el movimiento del objeto.

- **PATRÓN DE TRANSFERENCIA:** Es un patrón de mancha que se crea, cuando una superficie ensangrentada entra en contacto con una segunda superficie no ensangrentada. Generando una imagen total o parcial puede permitir reconocer la fuente de transferencia.

- **PATRONES DE SANGRE PROYECTADA:** Un patrón de mancha que se produce por la sangre emitida bajo la presión frente a un impacto, tal como el chorro arterial.

- **PERÍMETRO DE MANCHA:** Una mancha de sangre que consta solamente de su periferia, la zona central después de haber sido retirado por barrido o descamación después de sangre líquida ha secado por completa o parcialmente.

- **PUNTO (AREA) DE CONVERGENCIA:** El punto común (área), en una superficie de dos dimensiones, sobre la cual la direccionalidad de varias gotas de sangre puede ser determinada.

- **PUNTO (AREA) DE ORIGEN:** El punto común (área) en el espacio tridimensional formado por las trayectorias de varias gotas de sangre y que pueden ser trazados.

- **RETROSALPICADURA:** Sangre que se dirige de nuevo hacia la fuente de energía o la fuerza que causó la salpicadura.

- **REBOTE:** La desviación de la sangre después del impacto con una superficie blanco, que da como resultado la producción de una mancha en una segunda superficie.

- **ROZAMIENTO:** La transferencia de sangre desde una fuente en movimiento sobre una superficie no

manchada. La dirección de desplazamiento puede ser determinada por el borde biselado.

- **SANGRE EXPIRADA:** La sangre que se sopla por la nariz, la boca o una herida como un resultado de la presión del aire y/o el flujo de aire que es la fuerza de propulsión.

- **SANGRE LANZADA:** Un patrón de mancha de sangre que se origina cuando la sangre se derrama o es arrojada desde un objeto portador de la sangre, en movimiento.

- **SALPICADURAS HACIA ADELANTE:** Sangre que viaja en la misma dirección que la fuente de energía o fuerza que causó la salpicadura.

- **SALPICADURA DE ALTA VELOCIDAD DE IMPACTO (HVIS):** Un patrón de mancha de sangre causado por un impacto de alta velocidad\fuerza a una fuente de sangre tal como la producida por arma de fuego o de la maquinaria de alta velocidad.

- **SALPICADURA DE BAJA VELOCIDADDE IMPACTO (LVIS):** Un patrón de mancha de sangre que es causada por un impacto de baja velocidad\fuerza de impacto a una fuente de sangre.

- **SALPICADURA DE MEDIA VELOCIDAD DE IMPACTO (MVIS):** Un patrón de manchas de sangre causado por una velocidad de impacto medio\fuerza de impacto a una fuente de sangre. Una paliza o golpiza suele causar este tipo de salpicaduras.

- **SALPICADURAS:** Es la sangre que se ha dispersado como resultado de la fuerza aplicada a una fuente ensangrentada. Los patrones producidos son a menudo característicos de la naturaleza de las fuerzas que los creó.

- **SATÉLITES DE SALPICADURAS:** Pequeñas gotas de sangre que se distribuyen alrededor de una gota o charco como resultado del impacto de las gotas que impactan sobre el charco.

- **SITIO DE IMPACTO:** El punto en que la fuerza de impacto, se encuentra con una fuente de sangre.

- **TRAYECTORIA DE VUELO:** La trayectoria de la gota de sangre, mientras se mueve a través del espacio, desde el lugar de impacto al blanco.

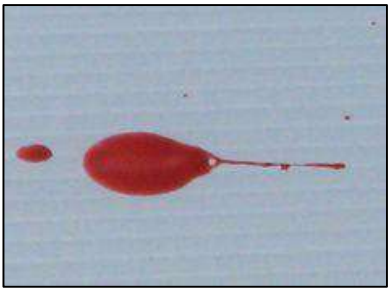
CAPÍTULO XVII

GLOSARIO DE TERMINOS DEL GRUPO CIENTIFICO DE TRABAJO EN ANÁLISIS DE PATRONES DE MANCHAS DE SANGRE (SWGSTAIN), Tomado de Forensic Science Communications April 2009. FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION (FBI)

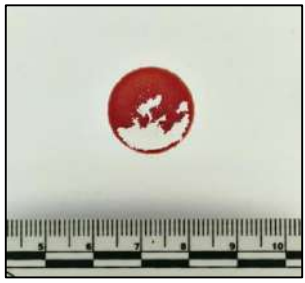
https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2009/standards/2009_04_standards01.htm

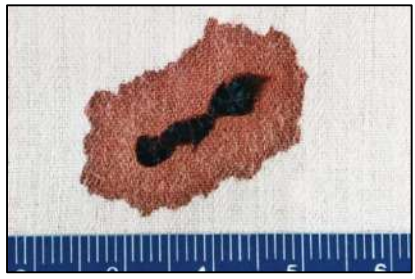
Me he tomado la molestia de hacer un glosario pictórico, en éste capítulo, debido a que tanto la **IABPA**, como la **SWGSTAIN,** han unificado criterios respecto a dichos términos relacionados al análisis de patrones de manchas de sangre.

- **ACCOMPANYING DROP - GOTA DE ACOMPAÑAMIENTO. -** Una pequeña gota de sangre producida como un subproducto de la formación de una gota.

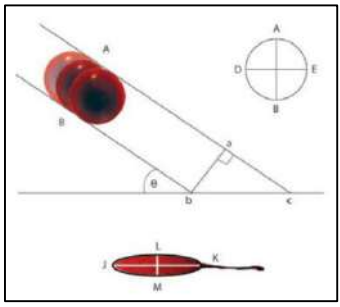


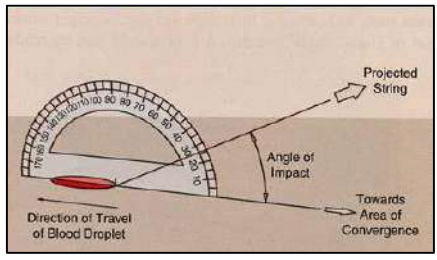
- **ALTERED STAIN - MANCHA ALTERADA. -** Una mancha de sangre con características que indican la ocurrencia de un cambio físico.



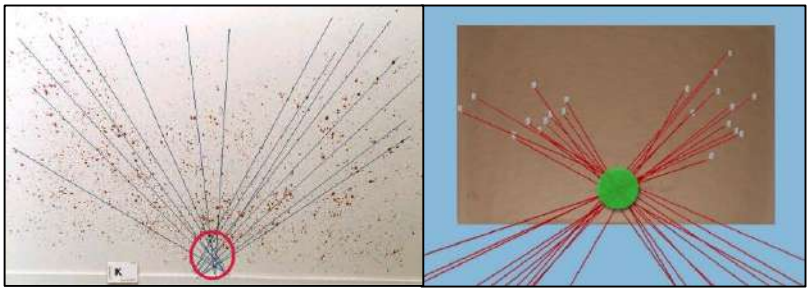


- **ANGLE OF IMPACT – ÁNGULO DE IMPACTO. -** El ángulo agudo (α), en relación al plan de un blanco/superficie, en el cual una gota de sangre impacta.

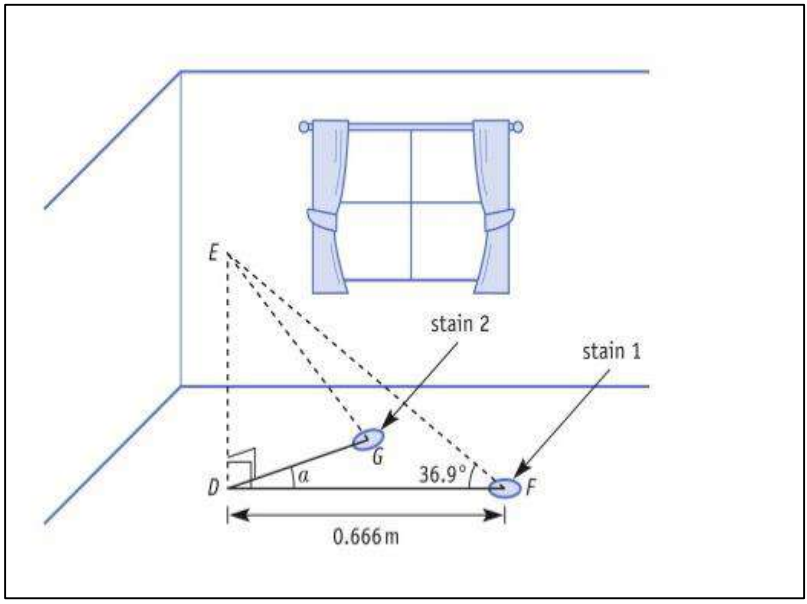




- **ÁREA OF CONVERGENCE - ÁREA DE CONVERGENCIA**. - El área conteniendo las intersecciones generadas por líneas trazadas a través del eje mayor de manchas de gotas de salpicadura individuales, que indica en dos dimensiones la localización de la fuente de la salpicadura de sangre.



- **ÁREA OF ORIGIN - ÁREA DE ORIGEN**. - La localización a tres dimensiones a partir de la cual la salpicadura tuvo origen.

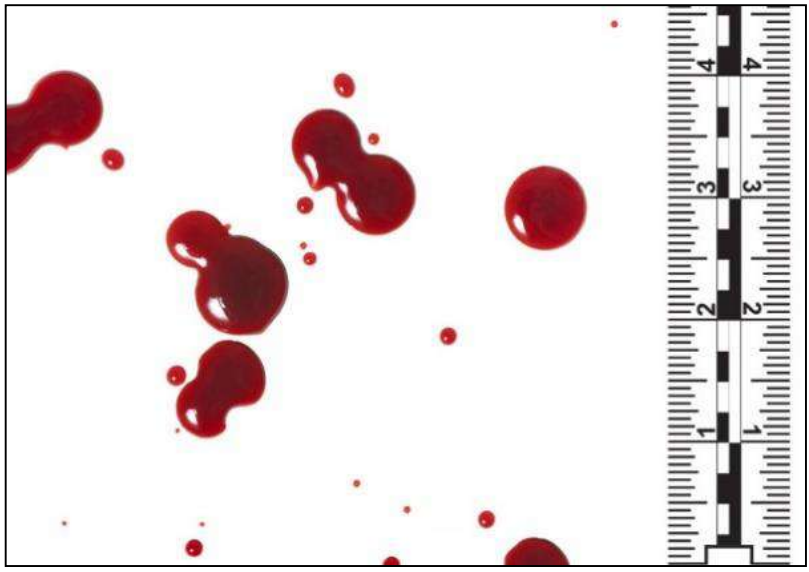


- **BACKSPATTER PATTERN - PATRÓN DE SALPICADURA POSTERIOR/RETROSPRAY**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de gotas de sangre que vuelan en el sentido opuesto al de la fuerza externa aplicada; asociado a una herida de entrada creada por un proyectil.

- **BLOOD CLOT - COÁGULO DE SANGRE**. - Masa gelatinosa formada por un mecanismo complejo que envuelve las células rojas de la sangre, fibrinógeno, plaquetas y otros factores de coagulación.

- **BLOODSTAIN - MANCHA DE SANGRE**. – Depósito de sangre en una superficie.

- **BLOODSTAIN PATTERN - PATRÓN DE MANCHA DE SANGRE**. - Es una agrupación o distribución de manchas de sangre que indican a través de la forma regular o repetitiva, orden o arreglo, el modo por el cual el la sangre fue depositado en una determinada superficie.

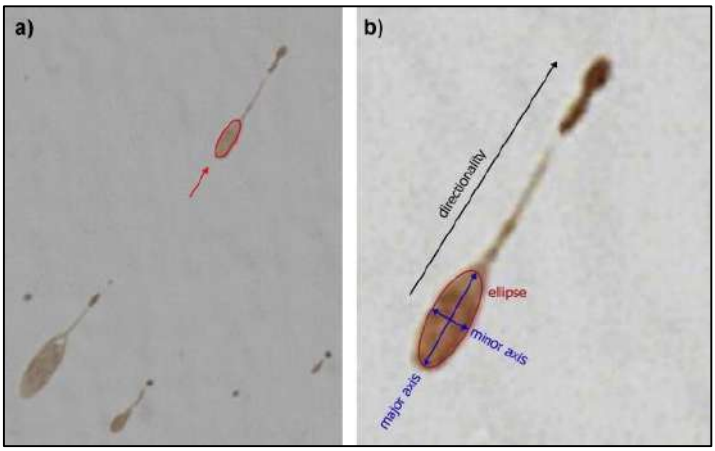


- **BUBBLE RING - ANILLO DE BURBUJA**. - Línea de contorno dentro de los límites de una mancha de sangre resultante por la presencia de aire mezclada con la sangre.

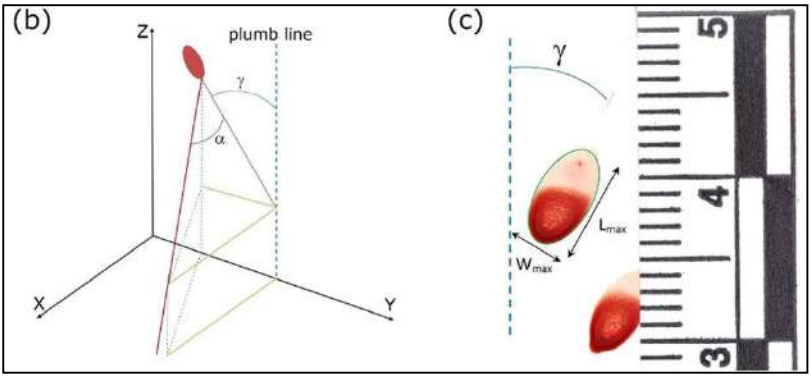
- **CAST-OFF PATTERN - PATRÓN DE LANZAMIENTO O ARROJADO**.- Un patrón de manchas de sangre resultante de gotas de sangre liberadas desde un objeto debido a su movimiento.

- **CESSATION CAST-OFF PATTERN - PATRÓN DE LANZAMIENTO INTERRUMPIDO**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de gotas de sangre liberadas de un objeto debido a su rápida desaceleración.

- **DIRECTIONALITY – DIRECCIONALIDAD**. - Es la característica de una mancha de sangre, que indica la dirección del movimiento de la sangre en el momento de su deposición.

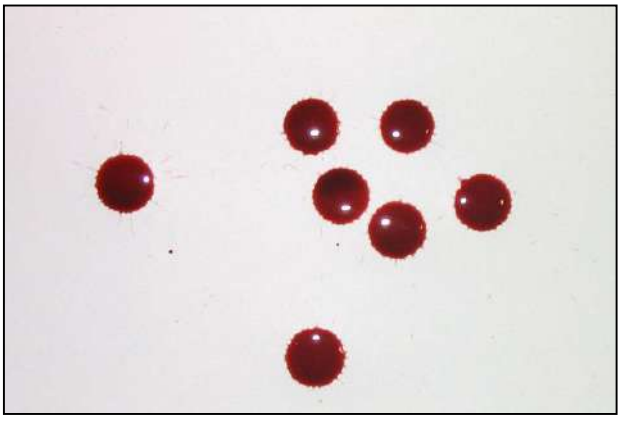


- **DIRECTIONAL ANGLE - ÁNGULO DE DIRECCIÓN**. - El ángulo (γ) entre el eje mayor de una mancha de salpicadura de sangre y una línea de referencia definida en el blanco/superficie.



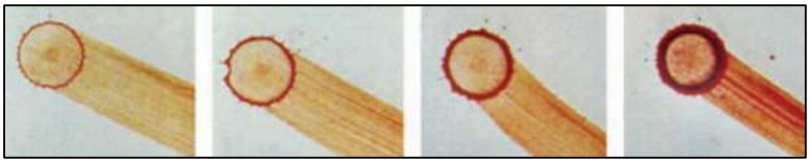
- **DRIP PATTERN – PATRÓN DE GOTEO**. - Es un patrón de manchas de sangre resultante del impacto de un líquido que gotea sobre otro líquido y en el que por lo menos uno de ellos es sangre.

- **DRIP STAIN - MANCHA DE GOTEO. -** Es un patrón de mancha de sangre resultante de la caída de una gota que se forma debido a la fuerza de la gravedad.



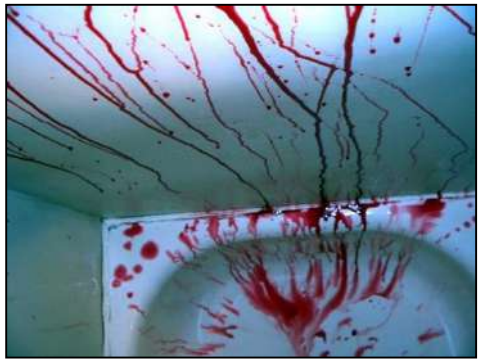
- **DRIP TRAIL - RASTRO DE GOTEO**. - Rastro de goteo.- Un patrón de manchas de sangre resultante del movimiento de una fuente de manchas de tipo goteo entre dos puntos.

- **EDGE CHARACTERISTIC - CARACTERÍSTICA DE BORDE O ESQUELETOS O FANTASMA DE GOTAS**. - Una característica física de la periferia de una mancha de sangre.

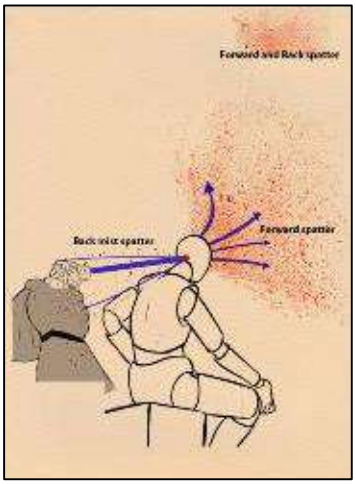


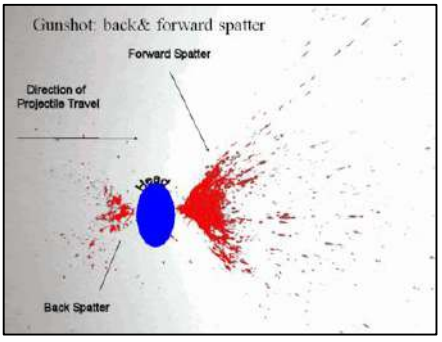
- **EXPIRATION PATTERN - PATRÓN DE EXPIRACIÓN**.- Un patrón de manchas de sangre resultante de sangre impulsada a través de un flujo de aire para salir fuera de la nariz, boca o una herida.

- **FLOW PATTERN - PATRÓN DE FLUJO**. - Un patrón de manchas de sangre resultante del movimiento de una porción de sangre en una superficie debido a la gravedad o el movimiento de la superficie blanco que contiene la sangre.



- **FORWARD SPATTER PATTERN - PATRÓN DE SALPICADURA HACIA ADELANTE**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de gotas de sangre que se desplazan en la misma dirección que la fuerza del impacto.

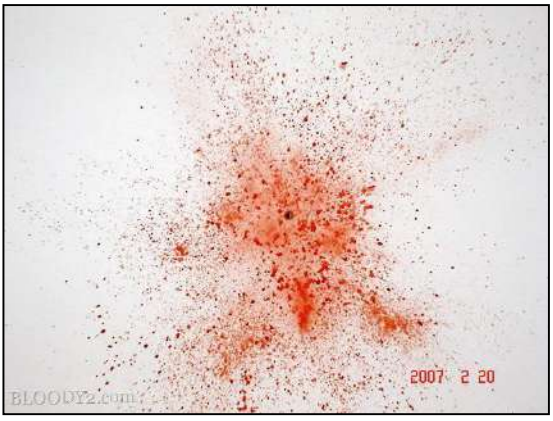




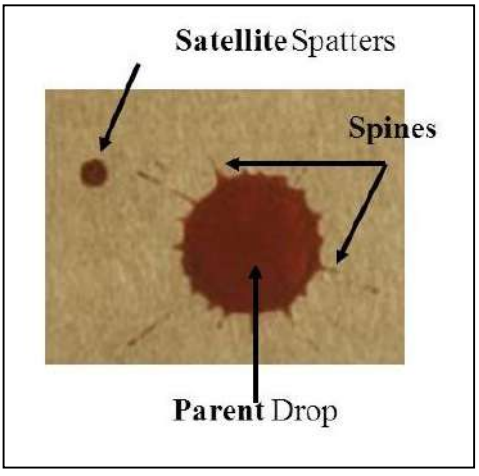
- **IMPACT PATTERN - PATRÓN DE SALPICADURA POR IMPACTO**. - Un patrón de manchas de sangre resultante del impacto de un objeto sobre una superficie con sangre líquida.

- **INSECT STAIN - MANCHA DE INSECTO**. - Una mancha de sangre resultante de la acción de insectos.

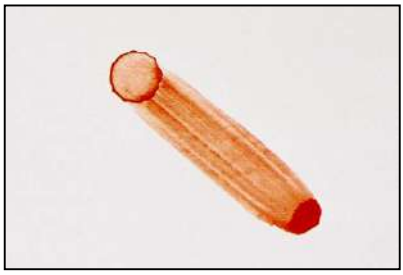
- **MIST PATTERN - PATRÓN MICROSALPICADURA/NIEBLA**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de sangre reducida o pulverizada o atomizada a una nube de micro-gotas, como resultado de la fuerza aplicada (por impacto de proyectil de arma de fuego).



- **PARENT STAIN - MANCHA DE ORIGEN/ FUENTE**. - Una mancha de sangre a partir de la cual se produjo una mancha satélite.



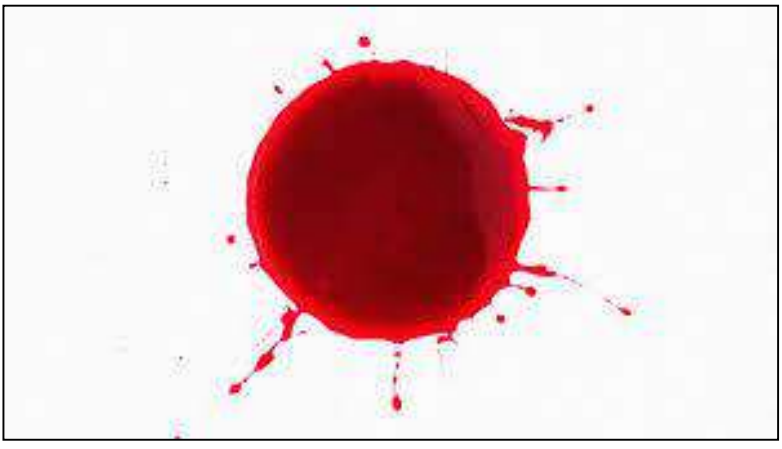
- **PERIMETER STAIN - PERIMETRO DE MANCHA**. - Un patrón de mancha de sangre que se genera mediante la formación de una mancha de goteo, luego de esperar a que se seque, a continuación se procede a limpiarla. Existen diferentes mecanismos que producen este tipo de manchas llamados también esqueletos o fantasmas. Una mancha de perímetro también puede ocurrir cuando una mancha se ha secado completamente y el centro de la mancha es perturbado por el aire o un objeto.



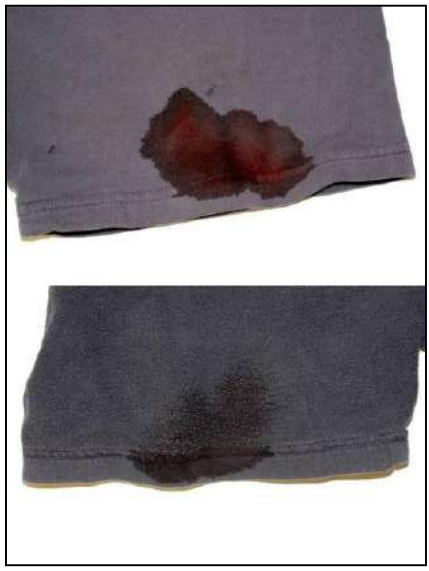
- **POOL – CHARCO**. - Una mancha de sangre resultante del acumular de sangre líquida sobre una superficie. (Cortesía de Cottier, M.).

- **PROJECTED PATTERN - PATRÓN CHORRO ARTERIAL**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de la proyección de un volumen/ cantidad de sangre bajo presión.

- **SATELLITE STAIN - MANCHA SATÉLITE**. - Una pequeña mancha de sangre que se produjo durante la formación de la mancha origen/fuente, como resultado del impacto de la sangre contra la superficie de impacto.



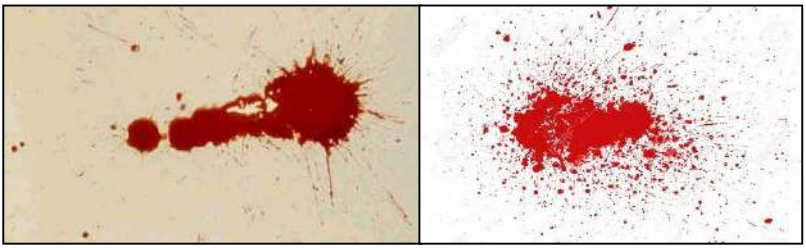
- **SATURATION STAIN - MANCHA DE SATURACIÓN O IMPREGNACIÓN**. - Una mancha de sangre resultante del acumular de sangre líquida en una material absorbente.



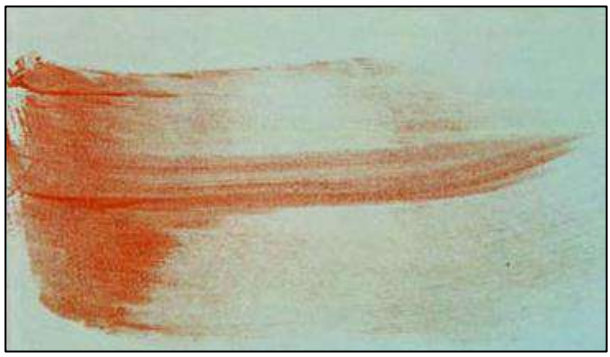
- **SERUM STAIN - MANCHA DE SUERO**. - La mancha resultante de la separación de la parte líquida de la sangre (suero), la cual se separa durante la coagulación.

- **SPATTER STAIN - MANCHA DE SALPICADURA**. - Una mancha de sangre resultante de una gota de sangre que se dispersa a través del aire debido a una fuerza externa aplicada a una fuente de sangre líquida.

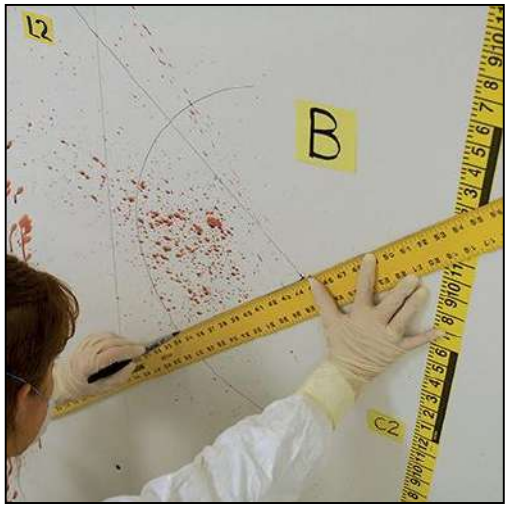
- **SPLASH PATTERN - PATRÓN DE SANGRE PROYECTADA O DESPARRAMADA**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de una cantidad de sangre líquida que cae o se derrama sobre una superficie.



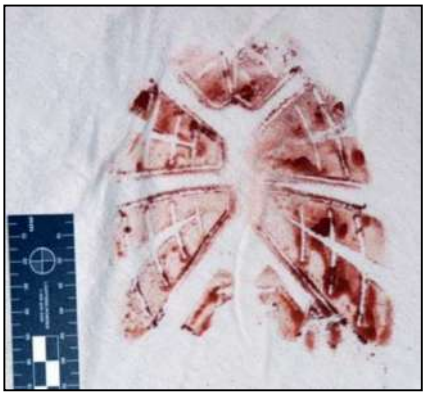
- **SWIPE PATTERN - PATRÓN DE CONTACTO EN MOVIMIENTO**. - Un patrón de manchas de sangre resultante de la transferencia de sangre, desde una superficie ensangrentada a otra superficie que no contiene sangre pero en movimiento, con características que indican el movimiento relativo entre las dos.



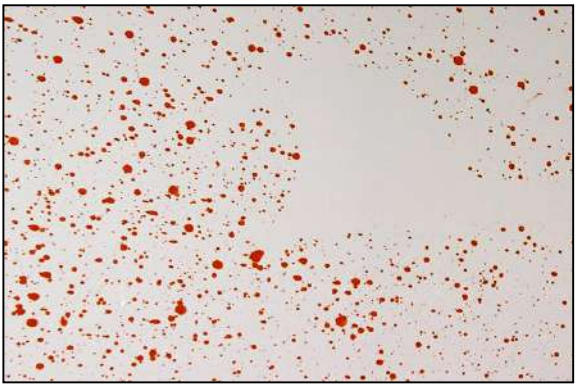
- **TARGET – OBJETIVO/BLANCO (SUPERFICIE SOBRE LA CUAL SE TRABAJA)**.- La superficie sobre la cual la sangre fue depositada.



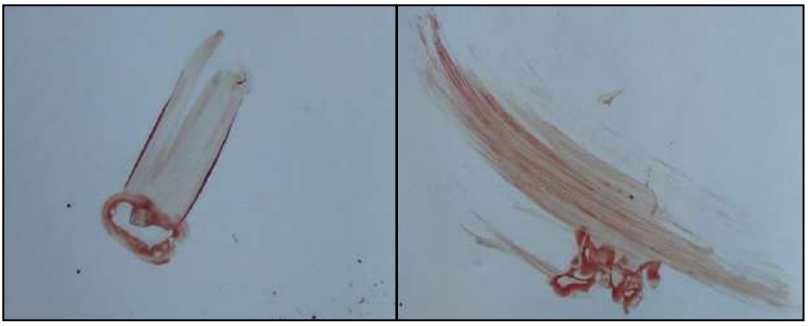
- **TRANSFER STAIN - MANCHA POR TRANSFERENCIA**. - Una mancha de sangre resultante del contacto dos superficies, en la cual una de ellas transfiere o deposita sangre sobre la otra superficie.



- **VOID – VACÍO.** - La falta/ausencia de sangre en una mancha de sangre salpicada, debido a que un objeto se interpuso entre la sangre salpicada y la superficie final de impacto y ahora dicho objeto ha sido retirado.



- **WIPE PATTERN - PATRÓN DE LIMPIAMIENTO**.- Un patrón de manchas de sangre alteradas, resultantes del movimiento de un objeto sobre una mancha de sangre húmeda.



BIBLIOGRAFÍA

1. **Begoña Martínez.** La Prueba del ADN. MASSON S.A. Barcelona. 1999.
2. **Forensic Science Center**. Blood Spatter Interpretation. NIFS. Australia. 2000.
3. **Franco de Ambriz, Martha.** Hematología Forense y Otras Técnicas Serológicas. Edit. Porrúa. México. 2012.
4. **Gisbert Calabuig, Juan**. Medicina Legal y Toxicología, Edit. MASSON S.A. Barcelona. 1992.
5. **Gaspar Gaspar**. Nociones de Criminalística e Investigación Criminal. 1ra edición. Edit. Universidad. Buenos Aires. 1998.
6. **Gutiérrez Chávez Ángel.** Manual de Ciencias Forenses y Criminalística. 1ra edición. México Trillas 1999.
7. **HemoSpat. Bloodstain Pattern Analysis Softwar.**

   http://hemospat.com/index.php
8. **Hernán Perico Pulido**. Actualización de las Técnicas para el Análisis de Manchas de Sangre en la Escena del Crimen. Revista de la Policía Nacional de Colombia "General Santander". Bogotá. Colombia 2002.
9. **Independent Forensics.** Rapid stain identifcation of Human Blood (RSID-Blood) RSID. 2010. Disponible en World Wide Web <www.if-test.com/rsid.html>
11. **Jon Zonderman**. Laboratorio de Criminalística. Primera edición. México. Li-musa. 1993.

12. **López Gómez**, **L.** Técnica Médico Legal. Edit. SALVAT. Valencia – España. 1953.
13. **Mac Donell Herbert L. y Lorrain F**. Flight Characteristics and Stain Patterns of Human Blood. Departamento de Justicia. EEUU. Cumplimiento de la Ley y Justicia Criminal. Washington. DC. 1971.
14. **MacDonell Herbert L.** Toughts from the Old man. International Association of Bloodstain Pattern Analysts Junio 2009. Vol. 25, No 2 June 2009
15. **Manual de Laboratorio de Toxicología y Química Legal** de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. 1990.
16. **Montiel Sosa, Juventino**. Criminalística (I, II y III). Edit. Limusa. México. 2002.
17. **Ms. Marielize van Zyl.** The Value of Bloodstain Pattern Interpretation in Criminal Investigations. IHRCJS. Durban. South África. 2001.
18. **OPCION.** Investigación Criminal. Módulo II. ECAEPOL. PNP. Lima.1999.
19. **Platt, Richard.** En la Escena del Crimen, la guía definitiva de la ciencia forense. Edit. Pearson. Madrid. 2008.
20. **PNP. Manual de Procedimientos de Criminalística**. Segunda edición. Perú. 2006.
21. **Sargento Tom Bevel**. Identificación Geométrica de las Manchas de Sangre. FBI. LawEnforcementBulletin. Oklahoma City. EEUU. 1983.
22. **Shanna Freeman**. How Bloodstain Pattern Analysis Works. 2008. http://science.howstuffworks.com/ bloodstain-pattern-analysis1.htm

23. **Simonin, Camilo**. Medicina Legal Judicial. Editorial JIMS. Barcelona.1966.

24. **Slemko, J**. Bloodstain Pattern Analysis. Canada's Police Service. Montreal.2001.

    http://mrtangmath.wikispaces.com/file/view/Mathematics+and+Bloodstain.pdf

25. **Stuart James H. y William Eckert**. Interpretation of Bloodstains evidence at Crime Scenes. Segunda Edición. Ed. CRC Press Boca Ratón. New York. 1999.

26. **Stuart James, Paul Kish y Paulette Sutton**. Principles of Bloodstain Pattern Analysis: Theory and practice. Ed. CRC Press. New York. 2005.

27. **Tim Marrison**. Bloodstain Pattern Simulations: A Physical Analysis. Manches-ter High School. NationalScienceFoundation. England. 1999.

28. **Tina Young.** A Photographic Comparison of Luminol, Fluorescein, and Blues-tar. Journal of Forensic Identifcation. CA. 2006. 56 (6): 906-912.

29. **Tom Bevel y Ross Gardner**. Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction. Tercera Edición. Ed CRC Press. New York. 2008**.**

30. **TORRES, Eliana Analía.** "Análisis Cromático y Morfológico de manchas de sangre". Tesis en Licenciatura en Criminalística. Universidad de Aconcagua. Chile- 2012.

31. **Tulio Muñoz Seminario**. Importancia de las Manchas de Sangre en el Examen Reconstructor e Identificador. Rev. PNP. Pág. 52-56.1996.

32. **Wonder Anita**. Bloodstain Pattern Evidence, Objetive

approaches and case applications. Ed. Elsevier Academic Press. Reino Unido. 2007.

ANEXO

TABLA DE FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS

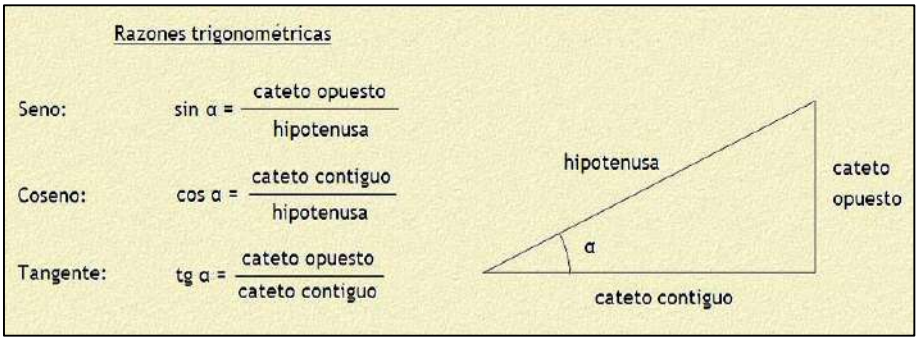
Ángulo	seno	coseno	tangente	Ángulo	seno	coseno	tangente
0º	0	1	0	**46º**	0,719	0,695	1,036
1º	0,018	1	0,018	**47º**	0,731	0,682	1,072
2º	0,035	0,999	0,035	**48º**	0,743	0,669	1,111
3º	0,052	0,999	0,052	**49º**	0,755	0,656	1,15
4º	0,07	0,998	0,07	**50º**	0,766	0,643	1,192
5º	0,087	0,996	0,088	**51º**	0,777	0,629	1,235
6º	0,105	0,995	0,105	**52º**	0,788	0,616	1,28
7º	0,122	0,993	0,123	**53º**	0,799	0,602	1,327
8º	0,139	0,99	0,141	**54º**	0,809	0,588	1,376
9º	0,156	0,988	0,158	**55º**	0,819	0,574	1,428
10º	0,174	0,985	0,176	**56º**	0,829	0,559	1,483
11º	0,191	0,982	0,194	**57º**	0,839	0,545	1,54
12º	0,208	0,978	0,213	**58º**	0,848	0,53	1,6
13º	0,225	0,974	0,231	**59º**	0,857	0,515	1,664
14º	0,242	0,97	0,249	**60º**	0,866	0,5	1,732
15º	0,259	0,966	0,268	**61º**	0,875	0,485	1,804
16º	0,276	0,961	0,287	**62º**	0,883	0,47	1,881
17º	0,292	0,956	0,306	**63º**	0,891	0,454	1,963
18º	0,309	0,951	0,325	**64º**	0,899	0,438	2,05
19º	0,326	0,946	0,344	**65º**	0,906	0,423	2,145
20º	0,342	0,94	0,364	**66º**	0,914	0,407	2,246
21º	0,358	0,934	0,384	**67º**	0,921	0,391	2,356
22º	0,375	0,927	0,404	**68º**	0,927	0,375	2,475
23º	0,391	0,921	0,425	**69º**	0,934	0,358	2,605
24º	0,407	0,914	0,445	**70º**	0,94	0,342	2,747
25º	0,423	0,906	0,466	**71º**	0,946	0,326	2,904
26º	0,438	0,899	0,488	**72º**	0,951	0,309	3,078
27º	0,454	0,891	0,51	**73º**	0,956	0,292	3,271
28º	0,47	0,883	0,532	**74º**	0,961	0,276	3,487
29º	0,485	0,875	0,554	**75º**	0,966	0,259	3,732
30º	0,5	0,866	0,577	**76º**	0,97	0,242	4,011
31º	0,515	0,857	0,601	**77º**	0,974	0,225	4,331
32º	0,53	0,848	0,625	**78º**	0,978	0,208	4,705
33º	0,545	0,839	0,649	**79º**	0,982	0,191	5,145
34º	0,559	0,829	0,675	**80º**	0,985	0,174	5,671
35º	0,574	0,819	0,7	**81º**	0,988	0,156	6,314
36º	0,588	0,809	0,727	**82º**	0,99	0,139	7,115
37º	0,602	0,799	0,754	**83º**	0,993	0,122	8,144
38º	0,616	0,788	0,781	**84º**	0,995	0,105	9,514
39º	0,629	0,777	0,81	**85º**	0,996	0,087	11,43
40º	0,643	0,766	0,839	**86º**	0,998	0,07	14,3
41º	0,656	0,755	0,869	**87º**	0,999	0,052	19,081
42º	0,669	0,743	0,9	**88º**	0,999	0,035	28,64
43º	0,682	0,731	0,933	**89º**	1	0,018	57,289
44º	0,695	0,719	0,966	**90º**	1	0	Inf.
45º	0,707	0,707	1				

FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS

Consideramos como "Funciones trigonométricas para ángulos agudos" aquellas funciones que son empleadas cuando se implica una existencia de un ángulo menor de 90 grados sexagesimales, generalmente presentes en triángulos rectángulos.

Es por ello que es muy común encontrar tales, en textos especializados como: *Definiciones de funciones trigonométricas por triángulos rectángulos.*

Destacando las seis funciones ya conocidas como "razones trigonométricas":



Dichas nociones de (Seno, Coseno, Tangente) surgen de manera muy natural al estudiar las propiedades métricas. De una polígono como lo es el triángulo rectángulo.