



POLICÍA NACIONAL

DIRECCIÓN NACIONAL DE ESCUELAS
ESCUELA DE INVESTIGACIÓN CRIMINAL



INTRODUCCIÓN DEL DESARROLLO CIENTÍFICO EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL

INTRODUCCIÓN DEL DESARROLLO CIENTÍFICO EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL

Policía Nacional

Dirección Nacional de Escuelas
Escuela de Investigación Criminal

**INTRODUCCIÓN DEL
DESARROLLO CIENTÍFICO
EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL**

Compiladores

Teniente Coronel. Edwin Masleider Urrego Pedraza

Capitán. Jesús Alberto Solano Beltrán

Patrullero. Jhon Fredy Muñoz Jiménez

Patrullero. John Edison Valencia Serna

Mg. Johemir Pérez Pertuz

Mg. Sergio Antonio Delgado Salazar

Este libro fue evaluado por pares académicos externos a la Escuela de Investigación Criminal de la Policía Nacional.

Corrección de Estilo

CT. Jesús Alberto Solano Beltrán
SI. Jorge Ubaldo González Gómez
Mg. Sergio Antonio Delgado Salazar
Mg. Johemir Pérez Pertuz

Edición, Diseño y Diagramación

SI. Jorge Ubaldo González Gómez
SI. John Edison Robledo Parra
PT. Carlos Augusto Andrade Alarcón
Leonardo Sebastián Castañeda Lozano

ISBN 978-958-56084-8-1

Todos los derechos reservados.

Bajo las sanciones establecidas por la ley, ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse de ninguna forma, ni por ningún medio, sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia.



LÍNEA DE MANDO INSTITUCIONAL

Mayor General OSCAR ATEHORTÚA DUQUE

Director General de la Policía Nacional

Mayor General GUSTAVO ALBERTO MORENO MALDONADO

Subdirector General de la Policía Nacional

Mayor General WILLIAM RENÉ SALAMANCA RAMÍREZ

Director de Seguridad Ciudadana de la Policía Nacional

Brigadier General GONZALO RICARDO LONDOÑO PORTELA

Director de Investigación Criminal e INTERPOL

Brigadier General JUAN ALBERTO LIBREROS MORALES

Director Nacional de Escuelas

Teniente Coronel EDWIN MASLEIDER URREGO PEDRAZA

Director Escuela de Investigación Criminal

Capitán JESÚS ALBERTO SOLANO BELTRÁN

Jefe Área de Investigación Escuela de Investigación Criminal

Contenido

Investigación

Aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal desde la fundamentación epistemológica.....10

Investigación

Factores que inciden en la no judicialización de la explotación sexual cometida a través de las redes sociales en Colombia (2013-2015).....91

Investigación

Polimorfismos inserción/delección - Indels: una herramienta genética en la identificación plena de individuos CN en Colombia.....151

Prólogo

La principal estrategia adoptada por la Escuela de Investigación Criminal de la Policía Nacional de Colombia es la de promover la capacidad de indagación, búsqueda de información y operacionalización de la investigación como elemento transversal al plan de estudios del programa “Maestría en Investigación Criminal”. Por lo que promueve la participación de los estudiantes en el desarrollo de la línea temática de Ciencias Forenses, Criminología, Criminalística y Policía Judicial. La orientación y evaluación de los asesores y jurados temáticos y metodológicos de la institución han permitido que las calidades de los estudios sean pertinentes, óptimos y con altos estándares, tanto en el ámbito académico como en el de la investigación criminal.

Al respecto, la Policía Nacional trabaja en la creación de múltiples estrategias en función de la reducción del delito desde las principales unidades judiciales de investigación criminal. Ahora, la presente obra recorre las aproximaciones académicas relevantes para el servicio de la investigación criminal desde la definición del objeto material de la investigación criminal, hasta la búsqueda de información en el desarrollo de la investigación judicial en los delitos de explotación sexual que se cometen en las redes sociales. Desde otra perspectiva, se realiza un estudio para considerar el polimorfismo inserción/delección-indels autosómicos como una herramienta genética que complementa la identificación plena de individuos en Colombia.

Con seguridad estos aportes son de gran valor para la ciencia, en especial, para aquellas personas interesadas en profundizar en temas alusivos a la investigación criminal y las diferentes estrategias de investigación en favor del esclarecimiento de los hechos punibles y el control de los delitos en concordancia con los diversos contextos sociales.

Capitán Jesús Alberto Solano Beltrán
Jefe Área de Investigación-Escuela de Investigación Criminal



INVESTIGACIÓN

APROXIMACIÓN A LA DEFINICIÓN DEL OBJETO MATERIAL DE LA
INVESTIGACIÓN CRIMINAL DESDE LA FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA

KATHERINE RICARDO ARDILA
Investigadora Principal

Resumen

En la presente monografía se examina brevemente la historia del origen de la policía en Grecia, Roma, Inglaterra, Francia, Estados Unidos, España y Colombia con el propósito de indagar sobre la necesidad del hacer policial, así mismo, se realiza una comparación conceptual de la criminalística, criminología e investigación criminal, para evitar caer en ambigüedades y dar importancia a la interpretación de cada disciplina. Por último, se relacionan dichos conceptos entre sí, desde el hacer de estas, dado que la integración del ser (competencias en continuo perfeccionamiento), el conocer (construcción de las competencias) y el hacer (aportes disciplinarios) constituyen la base del objeto material de la investigación criminal el cual se quiere definir con esta investigación.

Palabras Claves: el objeto material, epistemología, investigación criminal, criminología.

Abstract

This monograph examines briefly the historical origin of the police in Greece, Rome, middle ages, England, France, United States, Spain and Colombia in order to inquire about need to police, likewise, is a comparison of concept of the Criminalistics, Criminology and criminal investigation, to avoid falling into ambiguities and give importance to the interpretation of each discipline Finally, relate these concepts together, from doing these because the integration of the self (continuous improvement skills), knowing (building skills) and doing (disciplinary contributions) form the basis of the material object of the criminal investigation which is to define this research.

Key words: The subject material, epistemology, criminal investigation, Criminology, police.

Introducción

Las razones que motivan la presente investigación radican en la importancia que tiene para la construcción del conocimiento científico el objeto material de la investigación criminal, a partir de bases conceptuales, filosóficas y epistemológicas, teniendo en cuenta que la sociedad ha sido construida a partir de estas nociones básicas; así mismo, el objeto material de las disciplinas, y para el caso que se plantea a continuación, el de la investigación criminal, bajo la premisa que expone Aristóteles “Todos los hombres tienen naturalmente el deseo de saber” (Aristóteles, 2015) dado que, de allí radica la transformación y el perfeccionamiento del conocimiento.

Así mismo, se fundamenta en la relevancia que tiene el objeto material como sustento para el desarrollo y aplicación de las diferentes ciencias y disciplinas; ahora, indagar en la aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal, desde la fundamentación epistemológica, significa estudiar su naturaleza, los principios, el método y las ciencias auxiliares de la criminalística que contribuyen a la reconstrucción de un hecho delictivo.

El objetivo de esta investigación es efectuar una aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal, desde la fundamentación epistemológica. En el primer capítulo desde una contextualización histórica de las funciones de la policía; en el segundo capítulo, se abordan las nociones generales de la criminalística, la criminología y la investigación criminal, como base del “ser” que se cree es una ciencia subalterna de la criminalística y del “quehacer”, es decir, la acción de la disciplina (la reconstrucción del hecho delictivo); ello, de acuerdo a lo planteado por la Facultad de Investigación Criminal (2015), por último, en el tercer capítulo se realiza el análisis desde las nociones filosóficas y epistemológicas del génesis de la investigación criminal.

CAPÍTULO I

1. Antecedentes

La epistemología, ciencia de las ciencias, contribuye en la elaboración de políticas de la ciencia, por lo que es necesario articular la epistemología con las imágenes que suministran la historia, psicología, sociología y la politología de la ciencia, teniendo en cuenta que ninguna ciencia está aislada, es un sistema, por tanto, la investigación criminal debe ser abordada inicialmente desde la epistemología (Bunje M. , 1985), en este caso el principal problema que se aborda es la posibilidad de conocimiento, el origen o fundamento, su esencia, la trascendencia y el criterio de la verdad.

La epistemología, la ciencia y las herramientas que aporta la filosofía contribuyen a la investigación (general) en los siguientes aspectos:

1. Desenterrar los supuestos filosóficos de planes, métodos o resultados de investigación científica.
2. Organizar conceptos filosóficos que se emplean en diversas ciencias, tales como los de objeto físico, sistema social, tiempo, casualidad, azar, prueba, confirmación y explicación.
3. Ayudar a resolver problemas científico-filosóficos.
4. Reconstruir teorías científicas de manera axiomática, aprovechando la ocasión para poner al descubierto sus supuestos filosóficos.
5. Participar en las discusiones sobre la naturaleza, el valor de la ciencia pura y aplicada.
6. Servir de modelo a otras ramas de la filosofía, en particular la ontología y la ética que podrían beneficiarse de un contacto más estrecho con las técnicas formales y con las ciencias (Bunje M. , 1985).

Ahora bien, la investigación es un ejercicio de vida, es una búsqueda incesante que requiere una visión integral del entorno, es un ejercicio metódico que requiere consultas constantes (Trujillo, 2006), puesto que para investigar se requiere poseer no sólo los conocimientos, sino las aptitudes que permitan desarrollar un quehacer profesional, este profesional asume con responsabilidad cada uno de los actos que desarrolla. Que atiende con firmeza los efectos de cada una de sus acciones y que con madurez logra generar cambios en su entorno. Por ello, cuando se habla de investigar, se habla así mismo del quehacer que como arte y ciencia ejerce el hombre con paciencia para descubrir y develar la verdadera realidad, asumiendo con humildad que esta se transforma en espacio y temporalidad acorde al cambio logrado por el hombre mismo.

De acuerdo a lo anterior, se refleja una composición extraordinariamente fina entre lo que es arte y lo que es técnico (Universidad del Bosque, 2006) en la investigación criminal porque está sujeta en la actualidad a los procedimientos señalados en la Ley 906 de 2004, y para la Policía Nacional se encuentra debidamente sustentada en los protocolos de la Fiscalía General de Nación y demás entes gubernamentales y no gubernamentales que participan en estos procedimientos. Se establecen prácticas diarias, ejecutadas por personal idóneo previamente capacitado, quienes se valen de la experiencia y los avances de los sistemas y del desarrollo de las telecomunicaciones para arrojar excelentes resultados que sirven al interés general de los colombianos (Castro & Aparicio, 2008).

La acción conjunta de las instituciones desde sus ámbitos de acción, a través del Proceso Penal Oral Acusatorio, arroja resultados inmediatos y contundentes ante los hechos delictivos, dadas las herramientas que este establece, mas el despliegue de recursos, tecnología y procedimientos sustentados en la recolección de las pruebas (Castro & Aparicio, 2008) en el desarrollo del objeto de estudio de la criminalística. Esto representa realizar una formalización de la investigación desde la perspectiva del objeto del proceso penal que radica en el esclarecimiento del hecho delictivo. Para ello, en primer lugar, se da breve cuenta de la discusión acerca del significado del objeto y se toma posición al respecto (Falcone, 2014), dado que una noción de este, y de las características que reviste en la etapa de investigación, permite expli-

car determinados aspectos problemáticos no resueltos expresamente en la ley.

Se hace referencia al servicio de la justicia de instrucción, de los jueces, concretamente una serie de observaciones de inmensa utilidad que facilitarían en ellos una sabia utilización de los recursos técnicos suministrados por la policía, especialmente los laboratorios destinados al examen y estudio de los diversos medios legales de comprobación y que en los mismos funcionarios despertarían la inquietud, iniciativa y sagacidad indispensables para llevar a buen término su actuación (Constain, 1963).

La preponderancia del debido proceso en la Constitución Política y el Nuevo Código Procesal Penal, conlleva la importancia del manejo adecuado de cadena custodia, esto basado en el principio de autenticidad de evidencias físicas halladas en el lugar de los hechos, el tema probatorio en el modelo procesal penal optado por el Perú es de suma importancia, el éxito de la investigación va a depender sobre el manejo adecuado de las evidencias físicas halladas en el lugar de los hechos, el nuevo sistema de investigación y juzgamiento de los hechos delictivos debe realizarse respetando el debido proceso, lo que conlleva al respeto irrestricto a las garantías fundamentales de toda persona sometida al proceso penal, por ello tienen mucha importancia los medios probatorios y de ello el éxito del proceso penal.

Lo que demuestra que en Perú la importancia de la tarea del investigador del delito finaliza en el estrado judicial, es ahí donde termina su trabajo cuando es llamado como testigo por la procuraduría, la fiscalía o la defensa a rendir declaración sobre sus actuaciones como investigador del caso, él rendirá testimonio si las partes del proceso así lo determinan para clarificar muchos de los aspectos técnicos de la investigación, ofreciendo en su testimonio una explicación precisa, clara y objetiva de su trabajo, haya sido como investigador detective, como técnico criminalista en inspección del escenario del delito o como perito experto en alguna ciencia, arte u oficio.

Por lo tanto es allí donde los resultados influenciarán la decisión del juez, y en todo juzgamiento se ven dos cosas: “... allí se afirma quién

es el autor del crimen y cuál castigo se le imputa: Una afirmación corresponde al juez, la otra solo a la ley le corresponde” (Servan, 1967), el estudio de la filosofía es decisiva para los magistrados que aplican justicia, ya que la filosofía desarrolla en ellos un sentimiento necesario, el sentimiento de justicia los lleva a no sentirse ungidos vengadores, a no considerarse infalibles, a ser prudentes en el razonamiento.

Por otro lado, los programas y medios de comunicación populares han tergiversado un poco la complejidad que involucra realizar una investigación, y en el libro *An introduction to Crime Scene Investigation* se eliminan algunas impresiones erradas, se identifican y explican claramente los componentes, métodos y procedimientos que se aplican a la escena del crimen, el proceso de investigación, componentes, métodos y procedimientos. Se exponen los aspectos del día a día del procesamiento de la escena del crimen, y se describe en detalle las responsabilidades del investigador en la escena del crimen (Dutelle, 2011). Sin embargo, no se describe, ni se identifica el objeto material de la investigación criminal.

1.1. Justificación

El sistema de administración de justicia ha experimentado cambios drásticos, que suponen una reforma al proceso penal en Colombia. Para el desarrollo de la investigación criminal es necesaria la aplicación de metodologías apropiadas para cada caso, destinando un conjunto de procedimientos aplicados a la observación, la búsqueda, el descubrimiento y la verificación científica del hecho delictivo, así como del autor de éste. En tal sentido, resulta importante que los medios de prueba utilizados sean cada vez más sólidos, a fin de conocer todas aquellas variables que configuran el delito en el marco del Sistema Penal Oral Acusatorio Colombiano, aspecto en el que contribuiría significativamente la investigación criminal.

Una aproximación de la actividad material de la investigación criminal puede tratarse de la labor multidisciplinaria que es ejecutada por personal de la policía, técnicos y científicos, así este referente práctico aportará uno de los elementos esenciales para el desarrollo

de la reconstrucción de los hechos delictivos, como la identificación y definición del objeto material que es finalmente el objeto de estudio de la investigación criminal.

Esto implica que aquellos que intervienen en la investigación criminal reconozcan el objeto material, el objeto formal, la metodología y que posean conocimientos teórico-prácticos, para aplicar los métodos exactos que harán de la investigación un medio eficaz, que implica un análisis riguroso y una serie de procedimientos e instrumentos que van a ser objeto de prueba pericial (para la configuración del delito). Por lo que este trabajo, es un aporte a la formación académica del personal de Policía y de los estudiantes de la Escuela de Investigación Criminal -ESINC-, igualmente para realizar un reconocimiento al rol de la Policía Nacional y su transcendencia como organización judicial y el acertado desarrollo de la actividad policial.

Por tanto, efectuar una aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal, desde la fundamentación epistemológica, representaría un avance en el estudio técnico-científico en la investigación criminal y la justicia penal para la concreción de la justicia a través de los medios de conocimiento.

1.2. Planteamiento del problema

La investigación criminal orienta sus esfuerzos a establecer la verdad de los hechos y el responsable de los mismos, es decir, se encarga de la reconstrucción del hecho delictivo para su esclarecimiento y contribución a la concreción de la justicia a través de los medios de conocimiento, como propuesta teleológica que persigue el programa metodológico (Franco, 2007), no se reduce al cumplimiento de la política criminal, ni se puede confundir con las diferentes disciplinas, como la criminología, criminalística, investigación judicial, victimología o las ciencias forenses, toda vez que tiene una dimensión más amplia que involucra las propiedades y atributos de la investigación criminal, que posee vínculos estrechos con la planeación y metodología de la investigación, a través del programa metodológico para diseñar una teoría del caso o hipótesis.

Se puede afirmar que para el desarrollo de la investigación criminal es

necesaria la definición del comportamiento humano, de la conducta desviada, hecho de la naturaleza que debe estudiarse como ente real, actual y existente, que es objeto de estudio de la criminología, ubicándolo en el contexto temporal y espacial, para determinar cómo se ejecutó el hecho delictivo, la individualización del responsable del delito; y finalmente, la actividad práctica y ejecución de diligencias como inspecciones, análisis, identificación, individualización, seguimiento, incautación, exámenes a personas, evidencia física, elementos materiales probatorios y demás procedimientos.

En el Sistema Penal Acusatorio el análisis de la evidencia física funge como sustento fáctico en las decisiones judiciales, la valoración que se le hace a la evidencia en las audiencias preliminares se centra en un juicio de valor por parte del juez, para sustentar su decisión judicial, es decir, se toma como prueba sólo en el momento que el juez de conocimiento la acepta, de tal forma que el juez con función de control de garantías funda su decisión con evidencia física, elementos materiales probatorios e información legalmente obtenida, las cuales son sujeto de análisis técnico-científico por parte de personal especializado en diferentes áreas de conocimiento y que posteriormente actuarán como peritos para dar fe del resultado de dicho análisis. Esto, con el propósito de garantizar la confiabilidad y eficacia del proceso penal y la eficiencia de la investigación criminal para enfrentar la criminalidad.

Actualmente, existen textos que se limitan a emitir conceptos generales, siempre enfocados a la metodología y al análisis jurídico, puesto que en ello basan el trabajo del investigador. Lo cual no permite identificar cuál es el objeto material de la investigación criminal, y debido a que no existen estudios detallados sobre este, su definición es compleja; más aún, teniendo en cuenta que profundizar en el objeto material de la investigación criminal implica indagar en la esencia misma del objeto y la aplicación de un criterio (el interés del investigador), vinculado al derecho, exigiendo tener un nivel de conocimientos multidisciplinarios que difícilmente se reunirían en un mismo autor.

A pesar de lo antes mencionado, (Vargas, 1942) planteó en su tesis doc-

toral que para establecer el objeto de la investigación criminal, se debe tener claridad sobre el código y reducirla a los siguientes objetivos:

1. Identificar si se ha infringido una ley.
2. Determinar quién o quiénes fueron los partícipes de la infracción.
3. Establecer la responsabilidad criminal bajo los principios constitucionales, los requisitos básicos de la investigación criminal y el proceso penal para ser legítimo constitucionalmente.
4. Aplicación de la sanción para garantizar la no repetición del acto delictivo.
5. “Daños y perjuicios causados por la infracción.” (Vargas, 1942)

Sin embargo, dado que el “objeto material” no es lo mismo que el “objetivo” de la investigación criminal, respecto de las asignaciones o tareas ni resultados, el único documento que menciona el objeto material de la investigación criminal, no contribuye al propósito de esta investigación.

Por otro lado, (Otin, 2015) define la criminalística como las operaciones de campo realizadas en el lugar de todo suceso criminal, así como las llevadas a cabo por los especialistas en el laboratorio. Y la investigación criminal como aquellas técnicas de campo llevadas a cabo por la policía judicial en el ejercicio de su actividad colaboradora con la Administración de Justicia; esta definición nos lleva a inferir que la investigación criminal es una ciencia auxiliar de la criminalística.

Al hacer una observación al contexto colombiano, las técnicas de campo hacen referencia a la investigación judicial, propia de las actuaciones de la Policía Judicial establecidas en el Código Penal,

y los protocolos de la Policía Judicial y la Fiscalía, dejando de las ciencias auxiliares de la criminalística que convergen en el resultado de la investigación criminal, por tanto, la definición dada por España se queda corta respecto al alcance que tiene la investigación criminal y su aporte a la administración de justicia.

1.3. Formulación del problema

En tal sentido, el problema que se aborda no se centra en los objetivos de la investigación criminal, para la determinación del objeto material no basta un simple análisis de la norma jurídica y la ejecución de diligencias, sino también, la aplicación de una metodología que permita llevar a cabo una investigación científica (a través de la observación, el planteamiento del problema, la formulación de la hipótesis, la experimentación y la teoría del caso como resultado final de la investigación) en la que interactúa el objeto material de la investigación criminal.

No obstante lo anterior, es necesario decir que no se conoce un texto sobre el objeto material de la Investigación criminal. Por lo tanto, con la presente investigación se pretende realizar un acercamiento a la conceptualización de la esencia material de la investigación criminal para abrir una nueva perspectiva de trabajo en el ámbito policial y judicial, a través del siguiente cuestionamiento: ¿Cuál es la aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal, desde la fundamentación epistemológica?

1.4. Objetivos

Objetivo general

Efectuar una aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal, desde la fundamentación epistemológica.

Objetivos específicos

1. Examinar el origen histórico y legal de la policía y la policía judicial.
2. Comparar la criminología, criminalística e investigación criminal en Colombia.
3. Relacionar los conceptos comparados con el hacer específico de la investigación criminal.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Origen de la Policía y la Policía Judicial

La palabra policía viene del latín *politia* y del griego *politeia*, es decir, la relación de los ciudadanos con el Estado (Diccionario de la lengua española, 2001), se trataba del cuerpo civil encargado de velar por el mantenimiento del orden público y la seguridad de los ciudadanos subordinados a las autoridades políticas, existe policía cuando hay estado como organización social y dada la complejidad de la estructura de dicho Estado y la policía como organización y función representa para el Estado “la regulación del comportamiento humano mediante la reglamentación de las costumbres por medio de sistemas normativos, la concepción administrativa de la vida social y el manejo de los asuntos públicos” (Alvarez J. E., 2009).

Hoy en día, se constata que castigar a los presuntos culpables del delito ha sido común hasta hace muy poco. Para ello, se recurre al método histórico. Existen documentos que ilustran con evidente elocuencia cómo se investigaban y probaban los delitos en los albores de la humanidad. Traducciones de textos tan trascendentes como el código de Hammurabi, fechado en el segundo milenio A.C, códigos tan antiguos como vigentes cual es el caso del código de Manú en la India, con más de 3000 años de historia. Las Leyes de Moisés, la Ley de las XII Tablas Romanas del Siglo V en donde inicia la persecución de oficio y la instrucción sumarial (Lopez, 2011) o las Partidas de Alfonso X en las que el tormento aparece como medio de prueba en el proceso penal (Cela R. A., 2011). También se puede evidenciar, como si de un viaje en el tiempo se tratara, recurriendo al método “antropológico”, cómo algunos pueblos utilizan la magia, el temor a lo sagrado y lo desconocido como herramientas válidas en la investigación del crimen.

Desde el inicio de los tiempos hasta finales del Siglo XVIII, rememorando el nacimiento de los primeros estadios de sociedad, hacia el año 3000 A.C, constatando que todas las civilizaciones y culturas, desde Mesopotamia, Grecia, Roma, Inglaterra, Francia, han contado con sistemas judiciales en ámbito penal que se auxiliaban de sistemas que permitían a los encargados de hacer cumplir la Ley (Cela R.A.,2011),realizar su cometido, arbitrando sistemas de identificación de delincuentes como amputaciones o marcas de fuego y el recurso a métodos probatorios de la culpabilidad de los acusados, como rituales de ordalía o juicios de Dios como pruebas que hacían a los acusados para probar su inocencia (agua, fuego, precipitación, o duelos a muerte), en los que la averiguación racional del delito se encontraba en un segundo plano.

A continuación, se podrá evidenciar la evolución de la policía respecto de sus funciones a través de los diferentes contextos históricos:

Grecia

Hacia el año 330 a. C., los griegos se regían por la ley de Solón, basados en la importancia del Estado y un sistema de control social para sancionar las infracciones el sistema de reclutamiento y capacitación de policías que cumplieran con la misión de “prevenir y combatir la comisión de delitos, en apego al marco jurídico, con personal comprometido y calificado para salvaguardar la integridad y derechos de las personas e instituciones, que den confianza y certidumbre a la sociedad” (Rebollo, 2014), este control social se encontraba basado en la iniciativa privada denominada “persecución a título individual” (MacDowell, 1978), en la que cualquier ciudadano podía presentar denuncia, arrestar y ejercer la acusación de cualquier incumplimiento de la ley que fuese de su conocimiento, basado en una autorregulación de la sociedad.

En este periodo histórico se pueden identificar los siguientes sistemas policiales (Antolin, 2005):

- a) Policía secreta: Se caracterizaba por no llevar distintivos para pasar inadvertida, se estableció con el objeto de mantener la ortodoxia social y política. Se desarrolló en los regímenes autocráticos, y en el Imperio Romano ocupó un papel muy destacado representada

por los speculadores, frumentarii y agentes in rebús, se encargaba de capturar sospechosos, organizar pesquisas y custodiar a las personas que serían sometidas a un proceso criminal (Medina H., 1993).

b) Policía urbana (Antolin, 2005): le correspondía el cuidado de la vía pública y la salubridad.

c) Policía gubernativa (Antolin, 2005): velaba por el mantenimiento del orden público y la seguridad de los ciudadanos, dentro de sus funciones se encontraba citar el control de fronteras o la protección de los edificios públicos.

d) Policía judicial (Antolin, 2005): se encargaba de investigar los delitos públicos y de perseguir a los delincuentes; aunque a priori es inexistente por ser desconocido en Grecia el ministerio fiscal, parte de esta tarea la llevaron a cabo los Once en Atenas, y los filacitas junto con sus superiores en el estado ptolemaico.

Roma

Desde la fundación de Roma hasta el establecimiento de la República en el año 510 a. C., no habían aproximaciones a la creación de instituciones policiales, por cuanto todo dependía del ejército (Castaño, 1947); posteriormente entre los años 353 - 378 d. C., bajo la estructura política del Bajo Imperio Romano (Santos, 1981), se registra el interés del Estado por el principio de seguridad social mediante la organización del cuerpo administrativo del servicio policial, así surgió el cuerpo de ediles o curadores urbi (Lopez, 2011), los cuales tenían como función la custodia del Templo de Ceres, lugar en el que reposaban los archivos del Estado, la vigilancia diurna y recorrido a lugares públicos, entre otras funciones de interventoría religiosa y económica como lo eran velar porque las prácticas de los cultos religiosos se ajustaran a los rituales establecidos; gradualmente se extinguieron (Castaño, 1947).

Con la caída de la República, el Emperador Augusto perfeccionó los servicios policiales con la creación de secciones especializadas, centralizó las funciones de los ediles en su persona y asignó a los magistrados

investidos denominados “perfectus Urbi” (Lopez, 2011) la función de mantener el orden público y la seguridad política, su propósito siempre fue asegurar la tranquilidad colectiva y el trabajo humanitario, el cual incluía evitar la usura de los banqueros, la mala gestión de tutores, el maltrato de los esclavos por parte de los amos, el irrespeto de los hijos hacia sus padres (Castaño, 1947).

Durante el imperio de Tiberio, se establecieron servicios técnicos de la policía, de esta ya no dependía el orden público sino también la estabilidad del gobierno, alejándola de la función para la cual había sido creada por el Emperador Augusto, gestándose así la policía secreta, la cual tenía bajo su cargo la vigilancia de la burocracia y la administración del Estado, se constituía en:

a) Magistri officiorum (Santos, 1981) que actuaban como secretarios de las cancillerías o jefes militares con funciones de control.

b) Agentes in rebús o Agentes del servicio policía (Santos, 1981), con funciones del control de la administración y de la opinión pública, con el objeto de mantener la calma del pueblo, tenían a su disposición la censura de la correspondencia, espionaje y acusación.

Edad Media

En esta época la principal función de la policía era servir a los reyes e inicia con la caída del imperio romano y con él, se deforma la institución policial bajo los regímenes de los ostrogodos, bizantinos y lombardos, porque el poder se encontraba centralizado en una sola persona y como consecuencia no existía una administración del orden público, fue hasta el año 770 en el que se consolidó el imperio papal y bajo el gobierno de Carlomagno se expiden los capitulares, es decir, edictos reales que contenían las instrucciones que cumplían los oficiales y regulaciones de administración, comercio, seguridad, entre otros, en los cuales se aludían a aspectos básicos de la policía, sin embargo no se tiene en cuenta la vigilancia urbana ni el orden público. No fue hasta el año 1040 que un pueblo normando en Francia, se estableció un sistema policial violento que intentaba reestablecer la seguridad, regidos por

“los reglamentos de policía” (Medina H. , 1993) en los cuales se establecían las funciones de la policía enfocadas generalmente a los tratos crueles y castigos para los delincuentes.

En el siglo XIV el Rey Carlos V instituyó el cuerpo policial para aumentar el bienestar y la seguridad del pueblo, luego Luis XIV regularizó y fortaleció las funciones y facultades de la Policía (Medina H., 1993).

La autoridad estaba representada por los Condes, quienes castigaban los delitos y contravenciones, cuyo propósito era recordar al pueblo el poder monárquico, sin embargo, las ciudades lograron obtener autonomía propia para dictar sus propias normas y administración pública a cargo de la justicia y la policía potestad otorgada mediante las cartas o Estatutos (Castaño, 1947), las cuales regulaban los derechos de los ciudadanos, estos se gobernaban por si solos, mediante consejos de delegados de los principales gremios de artes y oficios, por medio de estos se establecieron las medidas de seguridad y el servicio de vigilancia para proteger las (Medina H. , 1993) ciudades.

En el segundo periodo de la edad media, las sociedades de artes y oficios nombraron funcionarios que impusieran el orden sindical, esta organización policial absorbió a la policía municipal y surgió la policía como entidad protectora, para 1321 se creó el cargo de lugarteniente civil para los asuntos civiles y en 1343 el cargo de lugarteniente criminal para asuntos penales cargos que dejaron de ser policiales para convertirse en honoríficos (Medina H., 1993).

Inglaterra

En Londres para el año 1046 los Sajones establecieron un sistema de vigilancia en el cual los funcionarios prestaban un servicio voluntario, constituido para la prevención del crimen, capturar delincuentes y mantener el orden público, pero teniendo en cuenta que no se encontraban sometidos a un control o dirección abandonaban la función policial. Luego, para el año 1078 Guillermo el Conquistador, primer rey de Inglaterra expidió el Código de Policías (Castaño, 1947) en el cual se establecían disposiciones encaminadas a mantener la paz.

En 1283, Eduardo I de Inglaterra dictó los Estatutos de Westminster y de Winchester (Castaño, 1947) en estos se incluían las funciones de la policía lo que los hacía depender de la corona, bajo la premisa que la policía debía estar conformada por hombres fuertes y armados que garantizaran la seguridad y orden del reino.

Entre los años 1327 a 1377, durante el reinado de Eduardo III, se creó la primera institución que tuvo funciones realmente policivas, denominados guardianes del orden o condestables cuya función radicaba en el mantenimiento del orden público (Medina H., 1993).

En el año 1585 se aprobó una ley que organizaba la vigilancia por cuadrantes o barrios, aunque las disposiciones no se cumplieron y se convirtieron en perseguidores de políticos, posteriormente en el año 1737 se modificó esta Ley y se crearon los juzgados de policía, y en 1745 se integraron agentes voluntarios que incumplían sus obligaciones y no capturaban a los delincuentes, en consecuencia no se garantizaba la seguridad de los ciudadanos, por lo que se creó una ley que creaba un cuerpo de policía remunerado, sin embargo nadie quería hacer parte del cuerpo policial debido a la hegemonía criminal que existía, por lo que ésta fue derogada, posteriormente en el año 1772 se expidió otra ley que tuvo mayor acogida, esta ampliaba el número de oficinas o cortes de policía y se aumentaba el sueldo a los magistrados.

En 1798, se fundó la Thames River Police (ENCICLOPEDIA BRITANNICA, 2016), uno de los experimentos más importantes en la reforma de la policía, fue la primera fuerza de policía profesional regular en Londres. Organizada para reducir los robos que plagaron el mayor puerto del mundo, estuvieron financiados por los comerciantes, la fuerza fue dirigida por Patrick Colquhoun fundador del primer período ordinario de policía preventiva.

En 1839 se realizó la primera reforma policial, y se consolidó la policía metropolitana (Castaño, 1947), se identificaron los límites y distritos policiales, se precisaron las funciones de los magistrados y jueces de paz, organización de la vigilancia y policía rural, a partir de ese momento y hasta 1929 se expidieron numerosas leyes referentes a la policía y se tecnificaron los servicios a su cargo.

No fue hasta los siglos XVIII y XIX cuando surgieron en los estados europeos el término Policía y policía criminal.

Francia

En la medida que el desarrollo de las comunidades humanas aparece, se multiplican las cargas de los órganos de vigilancia. Esta correlación constante, hizo hincapié en que todas las leyes positivas desde la antigüedad, acentuadas por la mayoría de los vocabularios indo europeos que, a través del lenguaje de Aristóteles (Le Clére, 1957), es difícil describir las primeras etapas de la institución policial: de hecho, el origen en los pueblos en el ámbito político, militar y judicial se concentran en las manos de un mismo magistrado, sin embargo se presenta una división de defensa y de las funciones de dirección.

La policía en Francia surge a partir del edicto del Rey Clotario II en el año 614, este constituye uno de los documentos legales más importantes en la historia de Francia, luego en el siglo IX el Abad Wilfrid de St. Gall ordenó la formación de una guardia de protección (Arnau, 1966); en el año 1032, Enrique I creó el cargo de Prefecto de policía (Le Clére, 1957) que tenía como función la justicia militar, policial y el dominio público.

En siglo XII incrementó la criminalidad en Francia, por lo que se desarrolló la policía de comercio conformada por artesanos; en 1353 se estableció una fuerza llamada mare-chausée encargada de vigilar y aprehender a los desertores del ejército por lo que eran considerados enemigos de la paz (Castaño, 1947); en el año 1393 se expidió un edicto como primer paso a la policía unificada, con la policía criminal se crearon grupos especializados en diferentes áreas como lo eran (1) moralidad, (2) mercado, (3) sanidad, (4) vigilancia a los precios, (5) habitantes y forasteros especialmente sospechosos; en 1534 Francisco I nombró Quartiers (barrios) denominados Lieutenant criminal (teniente penal), Lieutenant civil (teniente civil) y el Lieutenant au robe courte (teniente de vestido corto) a quienes posteriormente llamarían Police Judiciaire (policía judicial), cuya función era la pesquisa y la detención de los criminales (Arnau, 1966); en 1577 se estableció un acuerdo mediante el cual se nombraría de cada barrio a dos personas de reconoci-

miento honorable, a cargo de las cuales estaría la vigilancia de su sector, en primera instancia denunciarían las contravenciones que serían juzgadas por una Asamblea de Policía para dar solución de las querellas (Castaño, 1947).

Para el año 1710 Francia toma la herencia grecolatina de la policía mediante el *Traité de la Policie* (Mare, 1707), en este se reglamentó la venta y uso de armas, la formación militar, castigos a los gitanos y prostitutas, sanciones a las tabernas, prohibición de juegos de azar, entre otros; la lucha contra la criminalidad se convirtió en el terror de los criminales, los delitos disminuyeron considerablemente. Se subsanó rápidamente una dispersión de esfuerzos en la investigación de los criminales itinerantes, escapando de la supervisión de la policía local. Se decidió la creación de 12 brigadas móviles de la policía, bajo el control de Procuradores Generales de los delitos de investigación, represión y delitos de derecho común, cuyos autores eran desconocidos o en fuga (Le Clère, 1957).

A fines del siglo XVIII se formó la policía especializada, un organismo encargado de la lucha contra el crimen y esclarecimiento de los crímenes, la delincuencia no era solo una amenaza para los ciudadanos, sino para el Estado, de ello surgió la necesidad de la policía criminal (Arnau, 1966), se justificó el derecho del Estado a castigar sobre la ideología contractual y sobre el principio del Derecho Penal Liberal, se convirtió en la potestad legítima de intervención punitiva del Estado, denominada como “teorías absolutas” de la pena o el intento por diseñar la “pena justa”, a partir de la concepción del Contrato Social de Rousseau como fuente de legitimación del nuevo orden político-jurídico que buscaba una forma de asociación que defendiera respecto de toda la fuerza común, a la persona y a los bienes de los asociados (Rivera, 2005), y como base para la formación de Estados (Arnau, 1966), el cual establece que la sociedad debe constituirse en una comunidad política en la cual todos actúen como iguales y la participación de los sujetos sea directa (Rivera, 2005).

El primer jefe de policía de Francia fue Joseph Fouché, quien se desempeñó en la institución policial desde el año 1799 hasta 1820 fecha de su muerte, así mismo, tenía el control sobre policía política personal, en cuanto a la policía criminal solo resultaba útil mientras sirviera para los mismos fines de la policía política.

En 1910 entra en funcionamiento el primer laboratorio de criminalística, creado por Edmond Locard, quien demostró que a través de las huellas dactilares se podía identificar a los delincuentes, adquiriendo mayor valor probatorio que el testimonio (Locard, 1935), así mismo, se perfeccionaron otras disciplinas científicas como la fotografía, alzamiento de cuerpos humanos, poroscopía, grafología, criptografía, entre otras. Posteriormente en 1976 crea el Ministerio de la Policía (Le Clére, 1957) para hacer cumplir las leyes que trajo consigo la revolución.

Estados Unidos

En el sistema anglosajón el surgimiento de la policía comunitaria surgió en el año 871 d. C., y perduró hasta la conquista normanda, dentro de su prioridad se encontraba la seguridad dadas las necesidades comunitarias (Kelling, 1988), posteriormente se estableció un complejo sistema de autoridades y guardias que dio lugar a marcados abusos y corrupción. En Massachusetts, para el año 1699 (Castaño, 1947) los alcaldes debían ser asesorados por “jueces de policía” y la vigilancia fue conformada por hombres jóvenes con propiedades, dividido entre la vigilancia diurna “vigilantes” y la vigilancia nocturna “guardadores”; en Boston, en el año 1736 ya se contaba con una guardia policial con la función de seguridad y orden de los ciudadanos; en Philadelphia, en el año 1833 se formó la primera iniciativa de policía municipal privada; Nueva York, para 1884 acogió el sistema policial de Inglaterra (Castaño, 1947), estableciendo una institución policial organizada copiando los procedimientos y dictando disposiciones relacionadas con las funciones propias de la policía.

En Estados Unidos los crímenes estaban relacionados con la legislación de los esclavos, la criminalidad imperaba por la mafia, los crímenes aumentaron y se crearon sanciones ejemplares (horca, silla de ejecución y electricidad), así fue que en 1890 se llevó a cabo la primera ejecución en la silla eléctrica de un presidiario llamado William Kemmler por el asesinato de una mujer.

Durante el gobierno de Theodore Roosevelt en Washington para el año 1901 se reorganizaron las instituciones policiales y constitucionales para luchar contra la criminalidad, sin embargo solo tenían facultades para

intervenir en casos federales; se creó la policía secreta, el Senado prohibió dicho empleo, teniendo en cuenta que se debía asegurar el respeto por las leyes a través de una ejecutiva, por lo que en el año 1908 mediante un procedimiento administrativo se ordenó la instalación de un despacho de investigación del ministerio de justicia, dando inicio a la “Federal Bureau of Investigations - FBI, cuya función se limitaba a asuntos civiles y criminales, estas funciones fueron ampliadas en el año 1912 para delitos federales y de competencia nacional, y los asuntos policiales se limitaban a delitos locales. Luego entre 1914 y 1918 con la Primera Guerra Mundial, sus funciones incluían el espionaje y la vigilancia de nacionales y extranjeros sospechosos, Estados Unidos tenía cinco departamentos con facultades sobre asuntos de defensa, en 1923 ya no solo investigaban criminales, sino también policías involucrados con las mafias. Al finalizar la guerra Estados Unidos contaba con una oficina criminal federal en la que se encontraban laboratorios de fotografía, laboratorio para análisis de escombros de incendios para determinar el origen y autenticidad de documentos (Arnau, 1966).

Se crea la Comisión Internacional de la Policía Criminal - ICPC, con motivo del tránsito internacional y de acuerdo a los compromisos de colaboración entre estados para la lucha contra el crimen, funcionarios policiales se reunieron en Mónaco en el año 1914 en donde se unificaron métodos y procedimientos de extradición (Mayor Schiavenato, 2002), posteriormente en el año 1956 en Viena con nuevos estatutos, recibe el nombre de Organización Internacional de Policía Criminal - INTERPOL con sede en París (Arnau, 1966), siendo una institución independiente de un Estado, que dependía de sus Estados miembros, su fin es conseguir y desarrollar, dentro del marco de las leyes de los diferentes países y del respeto a la Declaración Universal de Derechos Humanos, la más amplia asistencia recíproca de las autoridades de policía criminal; establecer y desarrollar todas las instituciones que puedan contribuir a la prevención y a la represión de las infracciones de derecho común Asamblea General de la INTERPOL (1956 (2008)), así mismo se prohíbe la colaboración en asuntos políticos, religiosos, militares o racistas.

España

De acuerdo a los doctrinantes, se evidencia el esbozo de la policía en

España a partir del año 1479, luego del resultado de la reconquista, fueron los estados independientes que posteriormente se aliaron o fueron conquistados después del matrimonio entre los reyes Fernando de Aragón e Isabel de Castilla, quienes gestaron la decadencia de la autonomía municipal para asegurar la centralización de los poderes en la corona, para lo cual crearon la “Santa Hermandad” institución armada que subsistió hasta el siglo XIX, estructurada para prevenir robos, homicidios, saqueos, secuestros, incendios o cualquier otro tipo de violencia contra los ciudadanos. Luego apareció la figura de los “caballeros andantes”, su función era la defensa de los débiles y cumplía las mismas funciones que le legó la santa hermandad, los “corregidores” y “corregidores mayores” mantenían el orden público. Felipe V, en el año 1718 reemplazó a los corregidores mayores por “intendentes”, quienes estaban a cargo de las funciones militares, financieras, administrativas, defender el Estado y capturar a los enemigos de la corona, tuvieron facultades para mantener la higiene pública, inspeccionar cárceles, entre otras (Arnau, 1966). De ello, surgió la policía urbana (Vives, 2008) se encontraba dedicada al mantenimiento del orden burgués, recoger pobres y emigrados, prevenir enfermedades y epidemias vinculadas a los pobres, en cumplimiento de las normas liberales de beneficencia, propias de la constitución de 1812, las ordenanzas municipales reglamentaban las cuestiones de higiene y salubridad.

En 1824, en España por decreto del Rey Fernando VII, se creó la “Policía General del Reino” (Real Cedula de S.M. y Señores del Consejo, 1824); siendo su máximo órgano la Superintendencia General de la Policía, a cuyo frente se hallaba un Juez, cuya denominación era la de Superintendente General, circunscrito al Ministerio de Gracia y Justicia, a partir de este momento, el concepto de policía adquiere otro sentido, se podía hablar de una policía gubernativa.

En 1935 los intendentes pasaron a ser los “Gobernadores civiles”, investidos de facultades coercitivas para mantener el orden público, los años siguientes representaron para la policía la decadencia como institución a causa del control externo político y de los caciques provinciales (Arnau, 1966), quienes tenían la potestad de nombrar a los inspectores y así mismo manipularlos (personal cercano a los gobernadores).

Con la Ley 27 de 1908 se reformó el régimen policial, mediante esta se establecían los requisitos y conocimientos mínimos para aspirar a servir a la institución, la cual se consolidó y dio origen a la Escuela Profesional de Policías, dando apertura a nuevos estudios en antropometría, identificación, derecho penal, psicología criminal, medicina legal, criptografía, dibujo, fotografía y diversas prácticas relacionadas con el desarrollo técnico de la institución.

Aquí se destaca la función de la policía moderna:

- a) Velar por el libre ejercicio de los derechos y libertades de los ciudadanos, persiguiendo a aquellos que los vulnerasen y poniéndolos a disposición de las autoridades judiciales.
- b) La prestación de un servicio público de seguridad “garantizando el bien y la seguridad pública”.

Las cuales coinciden con la tesis de Aristóteles, respecto de la importancia y las funciones de la Policía:

La magistratura que es la más necesaria y también la más delicada de todas, está encargada de la ejecución de las condenas judiciales, de la prosecución de los procesos y de la guarda de los presos. Lo que la hace sobre todo penosa es la animadversión que lleva consigo. Y así, cuando no promete gran utilidad, no se encuentra quien la quiera servir, o por lo menos, quien quiera desempeñarla con toda la severidad que exigen las leyes. Esta magistratura es, sin embargo, indispensable, porque sería inútil administrar justicia si las sentencias no se cumpliesen, y la sociedad civil sería tan imposible sin la ejecución de los fallos como lo sería sin la justicia que los dicta (Aristóteles, 344).

Posteriormente, con el transcurso del tiempo el servicio policial español desarrolló varios cuerpos de policía, entre ellos, de orden público militarizado, civil de protección y seguridad, judicial y gubernativa entre los años 1931 y 1941, adaptándose de acuerdo a las realidades democráticas.

Colombia

Las funciones policiales estaban representadas en el Zaque, gobernante que impartía sanciones crueles y severas: el Zipa, por otro lado, tenía formación militar y su función era opuesta a la del Zaque, el Zipa tenía a su cargo “guechas”, sus funciones incluían penas para los cobardes, condena a los desertores, aplicación de la ley del talión a los adúlteros, defensa de las mujeres víctimas de la negligencia y malos tratos del esposo, castigos a los incestuosos y sodomitas (Medina H. , 1993); la administración de justicia e institución policial estaba a cargo de los regímenes gubernamentales que impartían leyes y establecían sanciones.

La primera manifestación policial en Colombia sucedió en la época colonial a través de los cabildos, quienes desempeñaban funciones civiles, criminales y policiales (Henao, 1967), luego para el año 1580 los alguaciles (Aguilera, 1965) desempeñaban la función policial bajo las órdenes del gobernador y se encontraban facultados para encarcelar a los delincuentes sorprendidos en la comisión de delitos y conducirlos para su juzgamiento ante el Tribunal de la Real Audiencia (Afanador, 1943); para 1680 se regían por las disposiciones del sistema de policía monárquico (las siete partidas, fuero juzgo, fueros reales y las leyes de las indias) (Medina H. , 1993). En el año de 1771 se estableció en Santa fe la Junta de la Policía (Castaño, 1947), este primer organismo tuvo la función de velar por la seguridad y la salubridad pública.

Con el fin de la Colonia, el ejército absorbió la institución policial, pues era tiempo de conflicto y no había lugar a pensar en organizaciones policiales, desde los fines de siglo XVIII hasta el afianzamiento de La Gran Colombia se crearon instituciones de gobierno, no fue sino hasta la expedición de las leyes del 8 de octubre de 1821 y del 11 de marzo de 1825, mediante las cuales se establecía la organización y régimen político de los departamentos y provincias que formaban la República, otorgaba funciones a un juez para cuidar el orden y la tranquilidad pública (Castaño, 1947); en Colombia el servicio de Policía se encontraba bajo el control reglamentario de los Jefes departamentales, luego en 1827 el decreto 183 del libertador Simón Bolívar (Medina H. , 1993), establecía que “los jefes de Policía debían cuidar de la seguridad pública, del honor, de la vida y de los bienes de los ciudadanos” (García F. ,

2016). Así fue que, en el año de 1827, en Colombia se empezó a hablar del concepto de Policía Judicial, los jefes de policía tenían la facultad de imponer sanciones, la competencia del fuero militar y policial fue delimitado mediante el circular número 15 de 1829 (Castaño, 1947).

En 1880 se organizó un cuerpo policial dividido en civil y militar, luego en 1881 por la Ley 56 se autoriza la creación del poder ejecutivo para crear y organizar la Policía, esta Ley no surte el efecto esperado, con la Constitución de 1886 se implantó un gobierno unitario y en 1888 se intentó crear nuevamente el cuerpo de policía mediante la ley 90, sin embargo, esta fue derogada en 1890 y en 1889 la Corte Suprema emitió un fallo relacionado con las atribuciones de la Policía relacionadas con las causas criminales y contravenciones (Medina H., 1993).

Las leyes expedidas a partir de 1890 empezaron a estructurar la institución policial en Colombia con la Ley 23 de 1890, por la cual se facultó al gobierno en el establecimiento, organización y sostenimiento de un cuerpo policial. Se relacionan aquellas que hacen referencia a la función de la Policía y la Policía Judicial en Colombia:

a) Decreto 1.000 del 5 de noviembre de 1891, organiza a la Policía Nacional de Bogotá, dirigida por Juan María Marcelino Gilibert.

b) Decreto 1547 de 1892, crea la inspección de permanencia y se otorgan las funciones de policía judicial, mediante esta norma se otorgaron funciones de investigación a la Policía Nacional.

Durante el Siglo XIX cuando se fragua el constructo científico de la criminalística, se subdivide en dos fases (Cela R.A., 2011):

La fase intuitiva instintiva se centra en la figura del investigador y se refiere a las cualidades innatas que posee para dirigir sus investigaciones hacia uno u otro lado.

La fase psicológica reflexiva considera la investigación como un arte para identificar delincuentes, gracias a la percepción de personas y al examen de los hechos. El método empleado es fundamentalmente deductivo, empleando el investigador aptitudes naturales, sin el empleo

todavía de un orden metodológico preestablecido. Es un arte espontáneo, basado en el binomio observación-deducción. Son parte activa y protagonista de este periodo los Jueces y los Médicos Forenses.

a) En el año de 1905, se crearon las comisarías de Policía Judicial, en el año 1916 instructores de la Guardia Civil de España dejan como legado nuevos métodos de investigación criminal para la formación de detectives (Policía Nacional de Colombia), así mismo, en el año 2000 se reestructuró el Ministerio de Defensa Nacional, donde en la estructura orgánica de la Policía Nacional de Colombia, se crea la Dirección Nacional de Policía Judicial DIJIN.

b) Ley 8 de 1941 para mantener el orden legal y la seguridad pública, la institución actuaba como entidad de vigilancia y prevención; se dividen en:

Policía general, establecida por la legislatura nacional, reglamentada por las leyes.

Policía especial, establecida por las cámaras, reglamentadas por ordenanzas.

Policía urbana, que mantenía el orden de las personas, las cosas y el gobierno.

Policía rural, a cargo de la seguridad y el buen gobierno de la industria agrícola.

c) Creación laboratorio de criminalística

En el Siglo XX, la evolución científica, técnica y social propician la aparición de las primeras organizaciones estructuradas para la investigación criminal, ajenas a la función judicial y al ámbito médico legal.

A partir del conocimiento científico de los especialistas, se encamina la actividad de la investigación criminal mediante el método inductivo, que permite al investigador, formado en las áreas de

conocimiento científico específicas y aplicables a la investigación criminal: dactiloscopia, balística, antropometría, fotografía, y mediante la observación del lugar de los hechos, recogida y análisis de los indicios obtenidos, etc.; iniciar los primeros pasos que permitan la identificación del delincuente y averiguar la verdad de lo sucedido.

Este periodo significa la eclosión de la ciencia al servicio de la investigación criminal a lo largo de todo el Siglo XX, propiciando la aparición de las principales disciplinas que sirvieron de soporte a las primeras técnicas de investigación (Cela A., 2016), los cuatro grandes momentos de la investigación científica del delito:

- Identificación antropométrica
- Dactiloscopia
- ADN
- Psicología criminal
- Antropología y Ciencias Sociales
- Medicina legal
- Ciencias del comportamiento humano

d) Ley 4 de 1991, por la cual se dictan normas sobre orden público

interno, policía cívica local y se dictan otras disposiciones, establece que:

El Alcalde Como Jefe de Policía. El Alcalde es el Jefe de Policía en el Municipio y el responsable de la preservación y mantenimiento del orden público en el mismo, con sujeción a lo dispuesto en esta Ley.

Para el cumplimiento de lo anterior, el Alcalde deberá dictar las medidas de orden público que sean requeridas por el Presidente de la República, por el Gobernador, Intendente o Comisario, y las que considere indispensables cuando la necesidad lo exija o las conveniencias públicas lo aconsejen (Congreso de la República de Colombia, Ley 4 de 1991, Art. 10, 1991).

e) Constitución Política de Colombia establece:

Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurar la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en vida, honra, bienes, creencias y demás derechos y libertades y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares. (Congreso de la República, 1991).

“La fuerza pública estará integrada en forma exclusiva por las Fuerzas Militares y la Policía Nacional” (Congreso de la República, 1991). La Policía Nacional se define como: “...Un cuerpo armado de naturaleza civil, a cargo de la Nación, cuyo fin primordial es el mantenimiento de las condiciones necesarias para el ejercicio de los derechos y libertades públicas, y para asegurar que los habitantes de Colombia convivan en paz” (Congreso de la República, 1991).

El artículo 1ro de la ley 62 de 1993 “Por la cual se expiden normas sobre la Policía Nacional...” establece la finalidad de esta, así:

La Policía Nacional, como parte integrante de las autoridades de la República y como cuerpo armado permanente de naturaleza civil, a cargo de la Nación, está instituida para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias y demás derechos y libertades y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares. Así mismo, para el mantenimiento de las condiciones necesarias para el ejercicio de 105 derechos y libertades públicas y para asegurar que los habitantes de Colombia convivan en paz.

La actividad de la Policía está destinada a proteger los derechos fundamentales tal como está contenido en la Constitución Política y en pactos, tratados y convenciones internacionales de Derechos Humanos, suscritos y ratificados por Colombia. La actividad Policial está regida por la Constitución Política, la ley y los derechos Humanos. (Congreso de la República de Colombia, Ley 62, 1993)

Así mismo, los artículos del Reglamento de Servicio de Policía, que se relacionan disponen:

Artículo 10: la Coordinación como principio y fundamento doctrinal policial que: “La función y la actividad de policía se ejercerán por parte de las autoridades de policía y la Policía Nacional, en coordinación con las demás entidades del Estado en lo que resulte pertinente. La coordinación deberá ser permanente, adecuada, eficiente, eficaz y oportuna, con el fin de asegurar las condiciones necesarias para la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

En atención a este principio, para la conservación del orden público o su restablecimiento donde sea alterado, los actos y órdenes del Presidente de la República se aplicarán de forma inmediata y de preferencia sobre la de los gobernadores; los actos y órdenes de los gobernadores se aplicarán de igual manera y con los mismos efectos en relación con la de los alcaldes.” (Policía Nacional de Colombia, Dirección General Oficina de Planeación, 2016)

Artículo 21: establece la función de la Policía como “Es el ejercicio de las competencias por parte de las autoridades administrativas en el orden nacional, departamental, distrital y municipal para asegurar el cumplimiento de los fines del poder de Policía, quienes la ejercerán dentro del marco constitucional, legal y reglamentario.” (Policía Nacional de Colombia, Dirección General Oficina de Planeación, 2016)

Artículo 22: referente a la naturaleza preventiva de la función de Policía: “Las normas y servicios de Policía son medios para evitar la infracción penal. La función de Policía es esencial y exclusiva-

mente preventiva, reglada y supeditada al poder de Policía, caracterizada por un conjunto de normas que limitan la libertad individual, permitiendo a la autoridad intervenir para evitar la violación de los derechos. (Policía Nacional de Colombia, Dirección General Oficina de Planeación, 2016)

Hoy día, el concepto de policía incluye a los diversos funcionarios y mecanismos empleados gubernamentales para desarrollar funciones propias de la policía, como parte integrante del poder ejecutivo del Estado. Las diferentes organizaciones policiales y los métodos de investigación utilizados por estas, se han transformado por la definición del cuerpo policial dentro de una sociedad y por el sistema penal y judicial.

2.2. Criminalística, criminología e investigación criminal en Colombia

En el presente trabajo de investigación se abordan tres conceptos básicos: “la criminalística” que abarca todas las disciplinas y ciencias forenses que aportan desde su técnica y método científico a la reconstrucción del hecho, “la criminología” que de acuerdo a Ladislao Thot, es una ciencia auxiliar de la criminalística, que se ocupa de los métodos y modos prácticos de dilucidar las circunstancias de la perpetración de los delitos e individualizar a los culpables, mediante el conjunto de procedimientos aplicables a la investigación y al estudio del crimen para llegar a la prueba (Policía Nacional del Perú, 2016), para obtener como resultado la reconstrucción del hecho, objeto material de la “investigación criminal”.

Se dice que “la ciencia es valiosa como herramienta para domar la naturaleza y remodelar la sociedad; es valiosa en sí misma, como clave para la inteligencia del mundo y del yo; y es eficaz en el enriquecimiento, la disciplina y la liberación de nuestra mente” (Bunje M., 1981), una de las cualidades del conocimiento científico es que es influenciado por el sentido común, (Popper, 2003) afirma que existen tres tipos de conocimiento:

- Esencial
- Instrumental
- Científico

Si el investigador criminal se basa en el conocimiento esencial, es decir, desde la observación y lo subjetivo, no podrá dar certeza que sus hallazgos son verdaderos; la teoría instrumental rechaza la esencial, pero no va más allá de un instrumento; sin embargo, el conocimiento científico si bien no abarca toda la realidad, sino desde cada disciplina, lleva a resultados válidos, por ser racional, metódica y objetiva.

Antes de observar la definición e historia de la criminalística, la criminología y sus efectos en los cambios surtidos en la investigación criminal, es indispensable tener presente cómo el ser en esencia y su hacer a través de los siglos se ha ido ajustando a las costumbres, vivencias y enseñanzas particulares en cada época que giran en torno a cada grupo social y que sus significados son diferentes, aun cuando las disciplinas están relacionadas entre sí y su campo de aplicación es semejante (Burgos, 2010). Así mismo, el aporte y la vocación del trabajo científico dan la capacidad para analizar las formas de delincuencia, que evolucionan y se hacen más complejas. De esta manera se adhiere a la experiencia científica, técnica y empírica que se ha transmitido de generación en generación (Mora, 2016).

De los científicos se espera que exploren el mundo a fin de entenderlo. Preguntan, responden y argumentan. Observan los hechos (naturales o sociales o mixtos) e inventan hipótesis para explicarlos o predecirlos. Clasifican y construyen sistemas de hipótesis, vale decir, teorías de diversos grados de profundidad y extensión. Verifican los datos y las conjeturas para averiguar si esas hipótesis son al menos aproximadamente verdaderas. Inventan técnicas para recolectar, controlar y procesar datos. Y argumentan sobre proyectos y descubrimientos, amplios o limitados (Bunje M., 2002).

Esto significa que no se puede excluir la ciencia y la tecnología para combatir el crimen, toda vez que cuando se recibe una denuncia, acusación o querrela, dependiendo de las características del hecho delictivo, se inicia el procedimiento penal con la aplicación del derecho pro-

cesal, y finalmente se va a aplicar el derecho penal en la investigación técnica de cada una de las disciplinas y ciencias forenses a través del método científico para comprobar las hipótesis de un hecho delictivo, policial y jurídico del delito (Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito, 2010), a partir de la aplicación de la “criminología compleja” que será definida más adelante. Es así que para entender la criminalística y la criminología, palabras parecidas, pero de contenidos diferentes y su convergencia con la investigación criminal, desde el ser y el quehacer de cada una; es importante tener claridad sobre la definición y origen de estas disciplinas.

Criminalística

La criminalística busca establecer los móviles, circunstancias, identificación de los partícipes, reconstrucción y demostración de la ocurrencia de un hecho delictivo puntual, mediante el uso del método científico... y la ayuda de ciencias forenses para el análisis de los indicios o evidencias materiales descubiertas, con el fin de proporcionar elementos probatorios verificables a la autoridad competente que le corresponda la decisión judicial. (Almanza, 2010).

En España es definida en sentido amplio como investigación criminal y como parte de la Criminología que se ocupa de los métodos y modos prácticos de dilucidar las circunstancias de la perpetración de los delitos e individualizar a los culpables.

El objeto de estudio de la criminalística son los elementos materiales, desde el descubrimiento, la fijación, recolección, embalaje y transporte, hasta su análisis en el laboratorio, terminando en el informe pericial y con la sustentación de dicho peritaje en el juicio oral (Almanza, 2010).

La criminalística es una ciencia auxiliar del derecho y mediante la metodología científica de las ciencias forenses, como las disciplinas auxiliares de la criminalística, son el sustento para resolver los interrogantes de una investigación: ¿qué?, ¿cómo?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿quién?, ¿por qué?, esta ciencia se ha originado como una necesidad por encontrar respuestas científicas a los crímenes, denominada en sus inicios

como Policía Científica, ya que sus soportes decisivos estaban basados en métodos científicos para hallar a los responsables de los delitos. Es así que el Doctor Hans Gross demostró con su obra manual del juez, que el juez para cumplir la función encomendada por el Estado debe no solamente conocer e interpretar las leyes, sino también, la ciencia de la investigación y este conocimiento solo puede adquirirse a través de la experiencia (Gross, 1893) y a su vez, estas darán al juez los elementos necesarios para imponer una sanción (Servan, 1967).

Antiguamente para demostrar la inocencia o culpabilidad de una persona, la sometían a la prueba de Dios (Almanza, 2010), es decir, dejaban a la persona expuesta a una serie de eventos fortuitos, si sobrevivía a ellos era prueba que los dioses lo protegían.

La primera vez que se hizo uso de un saber científico como técnica de investigación, fue en el siglo III, mediante la ley de hidrostática o principio de Arquímedes, lo que hoy se podría denominar la física forense “todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido que se desaloja” (Vite, 2016), el rey Hierón II de Siracusa ordenó la fabricación de una nueva corona y le pidió a Arquímedes determinar si la corona estaba hecha sólo de oro o si, por el contrario, el orfebre le había agregado otra aleación a su corona. Arquímedes tenía que resolver el problema sin dañar la corona para calcular su masa, volumen y densidad. Mientras tomaba un baño, notó que el nivel de agua subía en la bañera cuando entraba, y así se dio cuenta que así podría determinar el volumen de la corona. Teniendo en cuenta que el agua no se puede comprimir, al sumergir la corona desplazará una cantidad de agua igual a su propio volumen. Al dividir el peso de la corona por el volumen de agua desplazada se podría obtener la densidad de la corona. Por tanto, la densidad de la corona sería menor que la densidad del oro si otros metales menos densos le hubieran sido añadidos (Mozetich, 2011).

Luego, hacia el siglo VI a. C. en Grecia empezaron a surgir las ciencias formales como la matemática, lógica, geometría, en el siglo XVIII nace la primera ciencia fáctica, la anatomía, esta ciencia era utilizada por los médicos para ayudar a los jueces a impartir justicia, ejemplo: mediante técnicas propias de esta ciencia se determinaba el motivo de

fallecimiento de una persona; la particularidad de las ciencias fácticas es que trabajan con hechos científicos, concretos y demostrables, por tanto, sus resultados se basan en datos que se obtienen a partir de la observación y posterior experimentación, entonces los jueces dejaron de impartir justicia a través de métodos de dudosa veracidad (Almanza, 2010), sus decisiones se basan en:

- Hechos reales
- Proponer hipótesis
- Relación causa - efecto
- Preciso y metódico
- Resultados científicos - verificables

Por tratarse de una ciencia fáctica multidisciplinar, actualmente se han identificado aproximadamente 53 disciplinas que aportan a su desarrollo, sus principios son: (1) El principio de intercambio de Edmond Locard: todo criminal deja una parte de sí y otra se lleva consigo del lugar del delito; (2) principio de correspondencia: el cual establece la relación de los indicios, las huellas y evidencia con el autor (huellas lofoscópicas); (3) principio de uso: de los elementos y objetos denotan características de la persona y de cómo ocurrieron los hechos; (4) principio de probabilidad: se basa en la estadística y de acuerdo al número de evidencias encontradas en la escena; (5) principio de reconstrucción de los hechos: de acuerdo al estudio realizado a las evidencias y su relación con los hechos delictivos se logra explicar lo sucedido; (6) principio de la rareza de Jones: la observación de los elementos materiales y su condición en el lugar de los hechos; y los demás contemplados en la norma (7) principio de igualdad, (8) principio de libertad, (9) principio de imparcialidad, (10) principio de defensa, (11) principio de legalidad, (12) principio de contradicción, y por ultimo (13) la investigación, en términos del método científico aplicado a través de las diferentes técnicas y como parte fundamental de la investigación criminal (Almanza, 2010).

Criminología

“La criminología es la ciencia que permite llegar a un conocimiento válido y demostrable sobre su objeto de estudio - el delito - mediante

su método que es empírico y se basa en la observación y el análisis” (Almanza, 2010). Se entiende la criminología como la ciencia que tiene por objeto de estudio el delito o criminalidad (Bonger, 1943), esta se define, como la cualidad o circunstancia que hace que una acción sea criminal (Real Academia Española, 2016), es decir, el delito propiamente dicho y sus componentes, el delincuente y el control social, sin embargo, hoy en día se integran dichos conceptos y se consolida en un concepto: la conducta desviada y dentro de ella, el delito o la criminalidad (Hikal, 2009).

Ahora bien, precisando cuál es el objeto de estudio de la criminología, es necesario tener claridad sobre la definición de algunos tratadistas: Rafael Garófalo en su obra *Criminología: estudio sobre el delito, sobre sus causas y la teoría de la represión*, designó el termino criminología como la ciencia que se ocupa del delito y de las penas; Gunter Kaiser en su obra *introducción a la criminología* la define como ciencia que estudia el delito; por otro lado, José ingenieros, argumenta en su publicación *Archivos de psiquiatría y criminología*, aplicadas a las ciencias afines, que la criminología es una ciencia interdisciplinaria que estudia la conducta humana peligrosa, constituya delito o no... (Almanza, 2010), por tanto, “no toda conducta desviada es delito, ni todo delito es considerado un comportamiento desviado” (Hikal, 2009).

Arcos (2016), afirma que la criminología es una ciencia que tiene diversos enfoques metodológicos y se desarrolla en dos grandes campos de acción, (1) la conducta criminal - delito - desde su causa, ejecución y consecuencias para la reconstrucción del hecho delictivo; y (2) el entorno social que en sentido más amplio aborda la víctima, el delincuente, entre otros aspectos. En la criminología intervienen los elementos y los métodos científicos existentes para descubrir y demostrar fehacientemente una determinada realidad, requiere trabajo técnico para la averiguación del delito y esclarecer los hechos presuntamente delictuosos desde el riesgo criminal o del delito propiamente dicho que se definirá a continuación:

Delito: el delito en la antigüedad se entendía como la comisión de una acción que a los ojos de la comunidad se tratara de un acto prohibido (Almanza, 2010), hoy día el concepto del delito, se ha gestado sobre

una tradición de siglos y se ha configurado como una conducta típica, antijurídica y culpable (Congreso de Colombia, 2000), por medio de un juicio de valor se declara delictuosa (Pabón, 2012), se instituye como una disposición que faculta al órgano jurisdiccional al acogimiento del derecho positivo (Sánchez, 2014), el soporte material de la conducta es la acción humana.

Conducta desviada: es el objeto de estudio de la sociología y la psiquiatría, sin embargo, posee varias definiciones; desde el punto de vista psicológico: la conducta desviada no se encuentra en la conducta que se observa sino en la propia persona, cualquier situación que le incomoda o produce desagrado; ello ocurre cuando los que forman parte de la mayoría, observan a otro individuo que va en contra de las reglas establecidas y que se aceptan como propias, de esta forma se confirma que una conducta es desviada, teniendo en cuenta que dichas reglas varían de una sociedad a otra (Orozco, 2014).

Diferente de la conducta desadaptada, “...que impide el desarrollo pleno de una persona y no permite el bienestar y es percibida por los demás como incoherente y no solo incómoda, afectando esta no solo al individuo sino también a las personas de su grupo o entorno.” (Orozco, 2014)

Para la política criminal, en cambio, representa el material bruto, del cual se destila el concepto de la conducta merecedora de la pena y representa el concepto material del delito (Pérez, 2007).

Por otro lado, en la criminología, la desviación hace referencia a la divergencia, esta se aparta de los patrones propios del comportamiento de un grupo social, estos patrones consisten en un conjunto de conductas desviadas (Restrepo, 2014), es decir, aquellas que infringen las reglas sociales, estas reglas (impuestas por el Estado o grupo social) conceptúan las desviaciones como una contrapartida negativa a la sociedad. Entonces, no existe conducta desviada si no hay una norma que defina dicha conducta (Hassemer, 1989); por tanto, no existe criminalidad si no existe la norma que tipifique la conducta, esto significa que, la criminalidad es el resultado de la divergencia, lo que en Derecho penal se denomina conducta punible.

Es así que el surgimiento de la profesionalidad criminológica, se origina en el ansia del orden social por encontrar un objeto sobre el cual se pueda fijar el interés exclusivo, ya que en la criminología su interés es tener una patología social. Es por ello que para realizar una historiografía de esta ciencia, se debe estar claramente definido y conceptualizado, el cual se debe incluir los acontecimientos y personajes que hacen parte de estos antecedentes (Pavarini, 1983 (2016)).

El origen de la criminología se remonta a la antigüedad, el primer acercamiento a la criminología se encuentra en Grecia, Aristóteles en relación con la sociedad y el delito aseveró que la miseria engendra rebelión y delito (Aristóteles, 344), por otro lado, Platón describe la vida en comunidad, afirmando que “debe darse por cierto que en cualquier estado donde se vea gente pobre también debe haber ocultos picaros, rateros, blasfemos y toda suerte villanos.” (Platón, 427), sin embargo, bajo la premisa que “Toda persona se presume inocente mientras no se la haya declarado judicialmente culpable” (Congreso de la República, 1991) no se puede afirmar que todo pobre es delincuente y tampoco que los ricos no delinquen, ya que “El oro del hombre fue siempre la causa de muchos delitos” (Platón, 427); surge la sanción o la pena como aspecto esencial del delito como sistema de control social, término tomado de la sociología por el Derecho Penal “no castigamos porque alguien haya delinquido, sino para que nadie delinca” (Platón, 427).

En los siglos XVI, XVII y XVIII las penas eran crueles, la sanción aplicada al delincuente servía de ejemplo a los demás, el procedimiento penal era inquisitorial, el acusado era el objeto de investigación, más adelante los derechos del hombre también aplicarían para el delincuente; Montesquieu en su obra *El espíritu de las leyes* en 1748, propone la independencia del poder judicial respecto al ejecutivo, la abolición de las penas inútiles, excesivas, y la tortura; motiva a la revisión de los actos de corrupción de las costumbres, como medio para evaluar que obedecían más a la impunidad que a la moderación de las penas (Secondat, 1747)

A esta oposición se unió Voltaire, la pena debe ser proporcionada y útil. De acuerdo a “la personalidad criminal del autor, a la naturaleza del hecho, al escándalo producido por éste, y a la necesidad de ejempla-

ridad que experimente la comunidad”, así mismo se pronunció contra la confiscación, la tortura y la pena de muerte (García-Pablos, 2012), fundamentalmente, debe ser útil.

En el año de 1764, el jurista milanés Cesare Bonseana, publica el *Tratato dei delitti e delle pene*, en el cual se somete a crítica la irracionalidad, la arbitrariedad y la crueldad, como características de las leyes penales y procesales del siglo XVIII (Alvarez G. M., 2012). Inspirado de la idea El contrato social teoría de Juan Jacobo Rousseau, el cual en su discurso sobre el origen y fundamento de la desigualdad entre los hombres, el estado liberal republicano estaba investido de una autoridad pública y se encontraba facultado para imponer castigos, siempre y cuando se cumpliera la condición que a través del castigo se lograra obtener una utilidad social (Morla, 2010), fundamentado en el principio de legalidad de los delitos y las penas, la conveniencia de una política de prevención del crimen y su teoría utilitarista del castigo, la pena se justifica por su necesidad para prevenir futuros delitos. Por tanto, el castigo que mejor sirva al bienestar público se justifica sólo para defender el contrato social y asegurar que todo el mundo esté motivado a velar por él (Bonseana (Beccaria), 1764).

Tomás Moro, fue crítico a la severidad del sistema penal que regía en esa época, con una gran desproporción a la ejecución de los castigos. Por lo que incentivó la política preventiva del Estado, y más allá del castigo generar alicientes como el Derecho Premial, que consistía en premiar a los ciudadanos ejemplares (Rodríguez, 1981), así mismo, destacó la vinculación del crimen con los factores socioeconómicos, a la estructura social y a la instrucción de la persona, sin embargo la sociología, ciencia que trata de la estructura y funcionamiento de las sociedades humanas (Diccionario de la lengua española, 2001) surgió en el siglo XVIII, por tanto, no estaba lo suficientemente desarrollada lo que hoy se conoce como sociología criminal, que tiene por objeto el estudio del delito en cuanto al fenómeno social, así como el de los factores sociológicos que intervienen en su producción, cuyo precursor es Enrico Ferri, la evolución de esta ciencia ha permitido el estudio del delito como hecho social y sus relaciones con los factores criminógenos que estimulan a los individuos a delinquir (Ceballos, 2014).

De acuerdo a lo afirmado en un artículo de Journal of Chemical Information and Modeling, la criminología como ciencia evolutiva ha encontrado a través de su historia una constante transición. En el siglo XX la criminología consiguió cambios de acuerdo a los estudios, o sobre las perspectivas psicológicas y sociales (Tobergte, 2012). De igual forma en la mitad de este siglo se estableció un cambio de enfoque conforme a las teorías e investigaciones etiológicas a las teóricas criminológicas, las cuales afirmaban las causas del delito al análisis del proceso en síntesis de la conducta delictiva y se etiqueta al sujeto como delincuente.

En los últimos años, estos cambios han conllevado también a efectuar cambios notorios en los estudios acerca del comportamiento de los criminales y su transformación a través del tiempo, en provecho de los cambios tecnológicos y la heterogeneidad cultural y social propia de la posmodernidad (Tobergte, 2012).

Se aduce que la criminología es una disciplina científica que debe ser enfocada en el estudio de los delitos, los delincuentes, las víctimas y el control social (Alvarez G. M., 2012). De esta manera se puede incorporar a esta historiografía desde diferentes aspectos, que se han propuesto antes y después del siglo XIX, para entender y explicar el fenómeno criminal, a los delincuentes y sus víctimas, con ello entender los intentos por controlar socialmente la delincuencia.

Es menester el considerar que las ciencias que componen la criminología teórica o pura son:

1. Antropología médica: ciencia que se ocupa del hombre delincuente.
2. Sociología criminal: ciencia de la criminalidad como fenómeno social.
3. Psiquiatría criminal: ciencia que estudia la psicología del delincuente.
4. Psico y neuro-patología criminal: ciencia que se ocupa del aspecto psicopático o neurótico del delincuente.

5. Penología: ciencia que trata el origen y desarrollo de las penas, el significado y su utilidad.

Adicionalmente a estas se encuentra la criminología aplicada, es decir la política criminal y en su sentido más amplio, la criminalística que se encarga de la técnica del crimen y su descubrimiento (Bonger, 1943) como se indicó anteriormente.

En Colombia, el estudio e investigación de la criminología se desarrolla en el artículo 9 del Código Penal que consagra el denominado concepto dogmático....es el saber que se ocupa del derecho penal positivo, que averigua el contenido, los presupuestos y las consecuencias de las normas jurídico penales, las cuales desarrolla y explica en su conexión interna; que ordena material jurídico en un sistema, en el que tienen cabida las elaboraciones de los tribunales y de la doctrina; que intenta, en fin, hallar nuevos caminos de desarrollo conceptual y sistemático (Velásquez, 2011).

Así, la norma rectora establece dos cosas importantes:

1. Que ninguna conducta podrá considerarse punible si no es con el cumplimiento de las exigencias que ella incorpora, es decir, que la norma obliga a asumir una concepción tripartita del delito: tipicidad, antijuridicidad y culpabilidad.
2. Que frente a la valoración de los hechos el juez deberá realizar una valoración jurídica a partir de dicho modelo dogmático.

El derecho penal sin criminología está alejado de la realidad; una criminología sin derecho penal carece de objeto y punto de referencia firmes. El derecho penal sin la política criminal se anquilosa como mera ejecución de la ley; a una política criminal que desconozca las posibilidades jurídico-penales le falta el fundamento sobre el que tiene que ser edificada. La política criminal sin criminología flota en el vacío; la criminología sin perspectivas político criminales corre el riesgo de quedarse en simple acopio de hechos. La política criminal cobra así una función mediadora decisiva entre la criminología y derecho penal, pues estas últimas, en general, no pueden cooperar fructíferamente de

forma directa (...) La política criminal tiene aquí la tarea de sintetizar los resultados obtenidos del campo de la investigación empírica y de la dogmática penal normativa en un programa de acción global y de llevarlo a cabo (Pérez, 2007).

Como desarrollo de la criminología y a la dogmática penal, se adopta la política criminal como un conjunto de respuestas para hacerle frente a conductas consideradas reprochables o causantes de perjuicio social con el fin de garantizar la protección de los intereses esenciales del Estado y de los derechos de los residentes en el territorio bajo su jurisdicción (Sentencia C-646, 2001).

A través de la formulación de la política criminal se han establecido los mecanismos de control que actualmente existen y la prescripción de aquellos mecanismos alternativos para plantear desde un plano descriptivo del ser, al prescriptivo del deber ser, partiendo de las diferencias que ciñen a estos conceptos por ser de distinta naturaleza (Escobar, 2014).

Investigación criminal

Se entiende (...) el concepto de investigación criminal en sentido amplio como el conjunto de actuaciones de orden técnico, científico y jurídico, desarrolladas por los Órganos Jurisdiccionales y por la Policía Judicial, llevadas a cabo del amparo de nuestro ordenamiento Procesal, después de tener constancia de la comisión de un hecho delictivo, con la finalidad de averiguar la verdad de los hechos, determinar el presunto autor o autores y reconstruir fielmente la realidad de lo ocurrido (Universidad Camilo José Cela, 2010).

En sentido estricto, en Colombia, el ordenamiento jurídico, establece que toda investigación criminal es dirigida por un fiscal, que realiza -en conjunto con su equipo de policía judicial- un programa metodológico, el cual es redactado una vez que se elabora el informe ejecutivo de los actos urgentes; por tanto, el programa metodológico es una herramienta de planeación y de direccionamiento de la investigación criminal (Castro & Aparicio, 2008). Así, este permite hallar otros elementos materiales probatorios, del mismo modo planear, ejecutar y evaluar

resultados, y permite proveer un marco de referencia para cubrir los aspectos del ilícito (Castro & Aparicio, 2008), el cual es redactado una vez se elabora el informe ejecutivo de los actos urgentes, para la reconstrucción de un hecho delictivo.

Desde otra perspectiva, (Tamayo, 2003) afirma que la investigación criminal puede entenderse como un conjunto de procesos para el descubrimiento de la verdad, así:

1. Generar un procedimiento.
2. Presentar unos resultados.
3. Producir conclusiones.

Es decir que, cualquier hecho delictivo sobrelleva la apertura de la investigación criminal para determinar las circunstancias de su producción y autoría, ya que un Proceso Penal Oral Acusatorio eficaz es aquel cuyo elemento principal es la investigación criminal (Castro & Aparicio, 2008), es en esencia, el proceso por el cual se descubre al responsable del hecho y se determina el delito, mediante la reconstrucción de los hechos delictivos.

La investigación del delito se resumía en realizar la averiguación del delito, con el único medio de prueba que era el testimonio; el método de investigación se limitaba a descubrir la mentira para castigar (Almanza, 2010). Hoy día la investigación criminal en toda su extensión desde el siglo XXI, cobra más relevancia que en ningún otro momento de la historia; en primer lugar, por la consolidación de las diferentes disciplinas que integran las técnicas de investigación criminal y, en segundo, por el hecho universalmente asumido de la necesidad de otorgar al tratamiento del crimen, el empleo de la ciencia, la razón y, sobre todo, la experiencia histórica de uno de los acontecimientos que pervive con el hombre (Veiga, 2012)

Hoy día la investigación puede ser diacrónica, es decir, aplicada a delitos que ya han sido cometidos, o sincrónica, encaminada a evitar otras actividades delictivas que se desarrollan durante la misma; (Fernández, 2009) afirma que la investigación criminal es un método de trabajo complejo ya que:

No todo delito cometido y abortado es consecuencia directa de esa investigación previa, o no todo delito realizado tiene que seguirle necesariamente una investigación criminal, salvo que la Autoridad Judicial o Fiscal a la vista de lo ejecutado desee practicar diligencias de investigación para aclarar aspectos oscuros del delito o posibles vinculaciones de autoría, conexión de hechos, etc.

De esto se puede inferir que hay dos enfoques (Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito, 2010) para gestionar la investigación de delitos:

1. El encargado de la investigación es un fiscal o un funcionario judicial, los investigadores trabajan bajo la dirección del fiscal y el organismo encargado del cumplimiento de la ley es la policía judicial.

En este primer enfoque se presentan variables que definen la actuación del fiscal dentro de la investigación que “dirige las funciones de policía judicial orientando, reorientando, coordinando, ordenando, controlando y evaluando la actuación de sus investigadores; busca y asegura, a través de la policía judicial, los elementos probatorios...” (Reyes, 2009), para lo cual los positivistas introdujeron la aplicación de métodos experimentales en la explicación del hecho criminal, ya que no era posible la lucha contra la criminalidad por métodos antiguos, por lo que se hizo necesario crear un cuerpo policial regido por métodos, técnicas y normas, utilizando los avances tecnológicos en la lucha contra del delito, independientemente de ello, el objeto sigue siendo la reconstrucción del hecho.

En la investigación criminal como en la criminalística, los casos se manejan de una manera interdisciplinaria, tanto a ámbito teórico como práctico y se encuentra definida de una manera muy general, en cambio la criminalística tiene muy claros los métodos, técnicas, conceptos y procedimientos necesarios para identificar a la víctima, hallar al culpable y reconstruir los hechos delictuosos (como ciencia aplicada al escenario del crimen), pero no es el fin último de la Investigación Criminal (Almanza, 2010).

2. Las investigaciones las lleva a cabo la policía judicial de manera

independiente del fiscal hasta que el caso pasa a manos de este último.

En el segundo enfoque se identifica una fase de investigación previa (obtener toda la información concerniente al hecho) a cargo de la policía judicial y una investigación posterior (se analiza la información obtenida) a cargo de fiscal. Sin embargo, para investigar un delito de manera eficaz, el investigador necesita facultades amplias que por el principio de jerarquía tienen características jurisdiccionales (Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito, 2010). Entre otras, aquellas que requieren autorización previa:

- Registros y allanamientos.
- Retención de correspondencia.
- Interceptación de comunicaciones telefónicas.
- Recuperación de información dejada al navegar por internet u otros medios tecnológicos similares.
- Vigilancia y seguimiento de personas o cosas.
- Infiltración a organizaciones criminales.
- Exámenes de ADN que involucren al imputado. (Fiscalía General de la Nación, 2009)

Puesto que cualquiera sea el sistema de investigación criminal que se haya adoptado, el principio universal dice que toda persona es inocente hasta que se demuestre lo contrario. Los investigadores deben cerciorarse que su hipótesis se basa en una evaluación objetiva de los hechos y que no hayan sido manipulados para ajustarlos a sus sospechas.

Este último enfoque se encuentra relacionado con la criminalística, la cual es definida en el Manual del Juez de Instrucción (Gross, 1893) en el sentido amplio como investigación criminal, siendo una ciencia aplicada al escenario del crimen y un conjunto de teorías referidas al esclarecimiento de los casos criminales. Sin embargo, no se define la investigación criminal, básicamente se desarrollan y describen los métodos para el esclarecimiento de delitos, entonces, es la criminalística el arte y la técnica de la investigación criminal, definida así por Jean Hubert Nepote, Secretario General de la Organización Internacional de Policía Criminal - INTERPOL en 1966. (Ballester, 2012).

Desde el ámbito normativo colombiano la Ley 906 de 2004 (Código de Procedimiento Penal), mediante los artículos 234, 235, 236, 239, 240, 241, 242, 243 y 244, establece y regula las actividades investigativas de Policía Judicial durante las etapas de indagación e investigación y establece algunas actividades que son realizadas por iniciativa propia de la Policía Judicial, sin requerir autorización judicial previa, así como otras que sí requieren orden previa de un fiscal o de un juez.

Bajo el nuevo Sistema Procesal Penal, incorporado por el Acto Legislativo 03 de 2002 y desarrollado a través de la ley 906 de 2004 y la reciente ley 1142 de 2007, la Fiscalía General de la Nación ha sido desprendida de la discrecionalidad la cual está “...dirigida a lograr, dentro del marco de las obligaciones de respeto y de protección de los derechos constitucionales de los asociados, que el proceso de investigación sea eficiente y eficaz(Bernal, 2004), de esta gozaba la Fiscalía en el sistema Mixto, lo que le permitía afectar los derechos de las personas sin más control que el que eventualmente se realizara por razones de jerarquía, el control previo garantiza que quienes llevan a cabo los actos de investigación los ejecuten a una mayor y cuidadosa observancia de los derechos y garantías, teniendo en cuenta que la finalidad de ejecución de éstos actos es la consecución de elementos Materiales Probatorios y Evidencia Física (objeto material de la criminalística) que sean útiles para la reconstrucción de los hechos, y eventualmente para apoyar la Teoría del Caso de la Fiscalía en ejercicio de su función de acusar como parte del control social de las conductas desviadas y cumplimiento de la política criminal (objeto material de la criminología) y conservar la posibilidad de emitir determinadas órdenes, que con fundamento en la premura para su ejecución requieren de control posterior más no de un análisis judicial previo.

2.3. Relación de la criminología, la criminalística y la investigación criminal en el ser y el quehacer

Para relacionar la criminología, la criminalística y la investigación criminal en el ser y el quehacer, de acuerdo a la contextualización realizada en el segundo capítulo, es importante tener claro que la identificación del objeto material del campo disciplinar incide en los métodos y técnicas de trabajo, toda vez que, determina el perfil particularmente

práctico de la profesión, por lo que en este capítulo se pretende construir el objeto material de la investigación criminal a partir de las ciencias que aportan a su aplicación como disciplina.

Así mismo, es un referente importante en la formación de profesionales en América Latina y se constituye como una herramienta esencial para todas las personas que intervienen en la investigación criminal cualquiera que sea su especialidad, toda vez que se centra en los elementos que dan cuenta del sentido de los procesos relacionados con la administración de la justicia en torno a la investigación criminal, por lo que se hace la contextualización general del objeto de estudio como esencia de la investigación criminal, para que luego a través del núcleo disciplinar se desarrollen las habilidades necesarias para llevar a cabo las actividades propias de la investigación criminal, entendida como el eje de los procesos investigativos, en torno a conductas penales relacionadas con diversos delitos en la cual se han de aplicar variadas técnicas como son la fotografía, dactiloscopia, balística, ciencias forenses y demás técnicas que han de contribuir en el resultado de la investigación, las cuales se desarrollan a partir de la implementación del programa metodológico (Franco, 2007).

Con ese mismo fundamento se ha pretendido escribir esta obra; una obra multidisciplinar, útil, práctica, didáctica y, ante todo, muy reflexiva, analizando e introduciéndose en la criminalidad desde su solución, desde el aporte común de las distintas disciplinas o técnicas que intervienen en su investigación reactiva y paliativa desde la función del objeto de estudio (criminalística, criminología e investigación criminal) y, por qué no decirlo, concienciando al lector sobre la necesidad real y efectiva de la investigación preventiva, aquella que se antoja más importante, aquella que pueda anticipar los daños que provoca el crimen, el delictum, en definitiva, toda acción antijurídica (Fernández, 2009).

Fundamento legal

La norma establece que la actividad policial es una “profesión, estipulando que sus servidores deberán recibir una formación profesional, cultural y social, con acento en los Derechos Humanos, la instrucción ética, ecológica, de liderazgo y de servicio comunitario.” (Congreso de

la República de Colombia, Ley 62, 1993).

Con base en la Ley 30 de 1992, sobre autonomía universitaria, que da posibilidad a las Instituciones Universitarias para la creación de programas de pregrado y postgrado (Congreso de la República, 1992), así como en los objetivos establecidos por la misma para la Educación Superior y sus Instituciones, expresados en su Artículo 6 y en los Artículos 25 y 26, donde se establecen los lineamientos generales para la denominación de los programas de formación superior en Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 2010).

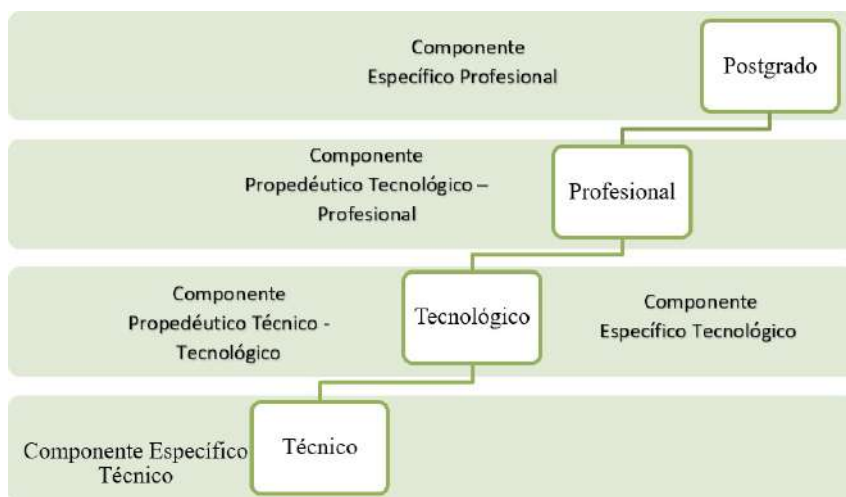
La Ley 30 de Diciembre 28 de 1992 por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior, que describe en su artículo 7 los campos de acción, como: El de la técnica, la ciencia, tecnología, humanidades, del arte y de la filosofía, y en su artículo 8 establece que los programas de pregrado y postgrado que ofrezcan las instituciones de Educación Superior, harán referencia a los campos de acción anteriormente señalados, de conformidad con sus propósitos de formación (Congreso de la República, 1992).

La Dirección Nacional de Escuelas, reconocida por el Ministerio de Educación Nacional como Institución Universitaria, cuenta con un Sistema Educativo Policial que tiene como función cualificar el desempeño de sus egresados y de esta manera, mejorar la oportunidad, cobertura y calidad del servicio policial, facilitando la potenciación del conocimiento policial y el fomento de la investigación científica (Ministerio de Defensa Nacional, 2009)

Justificación formativa

La Ley 1188 de 2008 regula en Colombia un sistema de formación que establece la misma por ciclos de carácter propedéutico para todas las áreas de conocimiento; la Escuela de Investigación Criminal cuenta con programas de ciclos propedéuticos, es decir, que tiene una oferta de programas con una secuencia de lógica que le permite a los estudiantes progresar de acuerdo a sus intereses y capacidades, adquiriendo competencias metodológicas, comunicativas, humanísticas y científicas a partir de bases teóricas y metodológicas, esto se denomina diseño curricular que se de-

sarrolla mediante el componente propedéutico, es decir, el prerequisite para pasar de un nivel a otro (Ministerio de Educación Nacional, 2016).



Fuente. Ministerio de Educación Nacional, (2016)

Los programas técnicos profesionales y tecnológicos responden a campos auxiliares, asistenciales, complementarios, innovadores y propositivos, lo que permite una distinción de las ocupaciones, disciplinas y profesiones, motivo por el cual las competencias de cada nivel deben ser coherentes en su secuencia, de acuerdo al Decreto 1295 de 2010, esto significa que teóricamente son compatibles con el objeto de conocimiento de la ocupación, disciplina o profesión que se pretende desarrollar (Ministerio de Educación Nacional, 2010) y le permitirá al estudiante continuar con el siguiente nivel de formación; caso contrario de aquellos programas que no requieren el componente propedéutico, que no aportan a las competencias del nivel del estudiante.

Los Programas relacionados con la administración de la justicia en Colombia, constituyen una fuente de saber y conocimiento en continuo crecimiento, toda vez que a partir de la implementación del Proceso Penal Oral Acusatorio la formación en el campo de la criminalística, la investigación criminal y la investigación judicial se han convertido en aspectos necesarios de profundizar en la academia.

El aporte a la investigación criminal apunta al desarrollo de la metodología de la investigación criminal con el fin que a través del conocimien-

to de los procedimientos soportados jurídicamente, logre desarrollar sus competencias de manera interdisciplinaria, así mismo desarrolla cursos y saberes en el marco de poder analizar y administrar el lugar de los hechos, establecer las técnicas aplicadas en la exploración de la escena de acuerdo con el tipo de delito, establecer los posibles elementos materiales probatorios al momento de explorar una escena, poder conocer y saber qué aspectos se tienen en cuenta para su fijación de acuerdo con estándares establecidos a nivel internacional, por otro lado, el ejercicio profesional del Tecnólogo en Criminalística otorga como función el asesoramiento técnico a los jueces y funcionarios judiciales para acompañar la recolección de pruebas, para comprobar la presunta responsabilidad penal. Además, pueden adelantar estudios sociales y criminológicos, para contribuir con su formación profiláctica a contrarrestar el alto índice de impunidad y de corrupción que hoy presenta la justicia colombiana (Congreso de la República, 2007).

El programa académico Tecnología en Criminalística, capacita profesionales competentes, idóneos para asesorar, diseñar y evaluar políticas procedimentales de investigación del delito, quienes ya con una formación específica, están preparados para afrontar las necesidades que demanda la comunidad, en este caso se hace referencia a la tecnificación del accionar delictivo, que exige a la Policía Nacional, la adecuada preparación y constante actualización por el carácter dinámico y progresivo de la sociedad, la ciencia, las instituciones políticas y jurídicas y el comportamiento humano, aspectos para los que “la definición o configuración de nuevas formas delictivas, y por ende, de nuevas reglas procesales para su investigación...” son factores de la importancia del programa y de su consolidación como un aporte a la ciencia e investigación que coadyuva a la justicia (Facultad de Investigación Criminal, 2013), lo que implica que el programa sea una base fundamental para profundización en el manejo de técnicas que contribuyan a la administración de justicia, seguridad ciudadana, procesamiento del lugar de los hechos, esclarecimiento de conductas delictivas en la aplicación de procedimientos de campo y de laboratorio con el ánimo de reducir la criminalidad (Facultad de Investigación Criminal, 2013).

La criminalística como herramienta auxiliar de las ciencias jurídicas, aporta la generación de nuevas técnicas de investigación, procedimien-

tos, avances de conocimiento y científicos en las técnicas científicas existentes (auxiliares de la criminalística), mediante los saberes multidisciplinarios, acciones sistemáticas integradas, aplicación de técnicas procedimentales y conocimientos científicos en la investigación para hacer frente a la criminalidad (Facultad de Investigación Criminal, 2013), con el fin de la consecución de la verdad y reconstrucción del hecho como principio de la criminalística.

Siguiendo el orden lógico de los ciclos propedéuticos que establece el Ministerio de educación Nacional, la Escuela de Investigación Criminal, también cuenta con el programa profesional de Criminalística, al igual que los programas técnicos y tecnológicos que buscan proporcionar a los estudiantes herramientas, habilidades y destrezas para el manejo de los elementos materiales probatorios y evidencia física. El programa profesional, busca proporcionar herramientas desde la investigación y la profundización de las disciplinas que integran la criminalística (Facultad de Investigación Criminal, 2014).

A diferencia de la tecnología que se encarga de construir los procesos, en este programa se profundiza en los mismos, se enfoca en nuevos conocimientos técnico-científicos, en consideración de la aplicación de preceptos de innovación y desarrollo aplicables al método científico, teniendo en cuenta que la criminalística como ciencia integradora de disciplinas y técnicas requiere constante actualización y profesionalización, se justifica la necesidad del programa, porque no solo se requiere personal técnico (en las disciplinas auxiliares de la criminalística) a nivel operativo desde el hacer, sino también a nivel administrativo y gerencial para administrar la información y las investigaciones a fin de lograr los objetivos y propósitos de la investigación criminal.

El programa académico Maestría en Investigación criminal, permite que se profundice en la relevancia que se tiene a ámbito nacional, institucional e interinstitucional la disminución de los índices de impunidad y sustento en la toma de decisiones de los funcionarios judiciales, así como el vínculo que puede establecer la Policía Nacional con la sociedad, como actor importante en el contexto de la seguridad. Así mismo, la profundización en el manejo investigativo de los delitos, proporcionando herramientas de análisis, diagnóstico, diseño, ejecución, formu-

lación y evaluación para la construcción de políticas que aporten a la función policial (Facultad de Investigación Criminal, 2014).

Cabe anotar que el investigador criminal a diferencia del criminalista, tiene una formación integral, lo que implica ser un profesional más competente por su integralidad, su amplio campo de acción y lo más importante, su capacidad de hacer un aporte significativo con un trabajo interdisciplinario, lo cual implica la necesidad de ser formado desde la relación teoría- práctica - investigación.

Es de aclarar que esta investigación no aborda los ciclos propedéuticos, sino la concepción etimológica de la palabra, la cual se desarrolla a continuación:

Construcción del objeto material de la investigación criminal

La filosofía, que acostumbra a definirse por el tema en el que las disciplinas están interesadas y por la perspectiva que adoptan al estudiarlo, maneja dos conceptos básicos: Objeto Material y el Objeto Formal, que se definen como aquello en lo que uno está interesado como objeto de estudio y como aquello específico en lo que uno se fija al estudiarlo, respectivamente. Así la Ontología se define por centrarse en el estudio más general de las cosas y en el ser como objeto formal de su discurso y como algo común a todas ellas. De la misma manera, la Epistemología se centra en el aspecto mismo del conocer -como Objeto Formal-, más allá de lo que pudiera tratar ese conocer, que sería su objeto material (Roca-Balasch, 2013).

Así mismo, la ciencia, en el afán de organizar y volver útil su discurso ha actuado, históricamente y de forma más o menos clara, de la misma manera. Primero, definiendo las disciplinas que la componen a partir del-objeto formal- que toma en su estudio de aquella naturaleza. De hecho y tal como se puede observar en todas ellas, el tema de la definición de sus objetos material y formal es prioritario y fundamental. Lo es hasta el punto que muchas de ellas se encuentran varadas por mucho tiempo en estas cuestiones, como es el caso de la investigación criminal, independientemente de ello se desarrolla y se aplican los estudios según los intereses y las necesidades (Roca-Balasch, 2013).

La fundamentación epistemológica ofrece un amplio paradigma para abordar la investigación criminal, es decir, como conjunto de creencias compartidas o formas ilimitadas de comprender la naturaleza de su objeto material u objeto de estudio, que permiten a la comunidad académica, policial y científica realizar un determinado conjunto de investigaciones bajo un lenguaje común, para ello, primero se definirán los conceptos etimológicos que aplican a esta investigación:

Epistemología

Fue un término utilizado por Sócrates para diferenciar el conocimiento científico del pensamiento y la técnica; etimológicamente proviene del griego episteme que significa conocimiento, saber, ciencia; y logos o logía que se refiere a estudio de neologismos (palabras científicas). Siendo su objeto material el estudio del conocimiento, es decir las bases sobre las cuales se asientan los conocimientos de un tema determinado (Etimologías de Chile, 2016)

Ejemplo de ello, se encuentran los siguientes términos: biología, zoología, sociología, criminología, entre otras.

Técnica

Aristóteles dividió el pensamiento humano en episteme, relativo al conocimiento; doxa, a la opinión y tekhné de técnica relativo al que hace (Etimologías de Chile, 2016), refiriéndose no solo a las actividades y destrezas manuales, sino también a las destrezas de la mente y las artes (Colón, 1992).

Ejemplo de ello, se encuentran los siguientes términos: aritmética, zootecnia, tecnología, entre otros.

Tecnología

Etimológicamente viene del griego tekhné referido a la técnica; y logos o logía que se refiere a estudio, es decir que, “la tecnología es el arte, la técnica o la manera de hacer cosas, construir objetos y artefactos que satisfagan las necesidades de personas y comunidades, mediante la

aplicación de conocimientos técnicos ordenados científicamente” (Etiologías de Chile, 2016).

La tecnología se clasifica de acuerdo al proceso y fundamento de su generación, así:

Artesanal, aquella que no utiliza medios sofisticados para su ejecución, ejemplo: artes manuales.

Tradicional, aquella que no tiene fundamento científico, pero ha evolucionado por el ingenio de quienes ejercían la tarea, ejemplo: textil, metalurgia, imprenta, etc.

De base científica, aquella que sin un conocimiento científico de base, no habría sido posible su aparición, ejemplo: la informática, la electrónica, etc. Evolutiva, aquellas que deben su evolución al tiempo, que se adaptan según las circunstancias y a las personas en función de la diversidad, continuidad, novedad y selección, ejemplo: el telar, la máquina de vapor, el transistor, etc.

No evolutiva, se definen como aquellas que se producen con solución de continuidad de lo logrado en el pasado, es decir, la que cambia completamente la forma de hacer un artefacto o configurar un proceso tecnológico, ejemplo: la iluminación, las velas, la lámpara de aceite, luego la luz eléctrica, sustituida por la luz de gas o de arco (carbón); esto demuestra que pueden existir precedentes de artefactos o procesos poco similares que resultan de la necesidad de resolver un problema (Cegarra, 2004).

Ahora bien, con base en estos conceptos y haber examinado la definición de criminalística, criminología e investigación criminal, se dará respuesta al cuestionamiento de este proyecto: ¿cuál es la aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal, desde la fundamentación epistemológica?

Objeto de la investigación criminal

“La investigación criminal tiene como objeto auxiliar a la justicia, den-

tro del sistema penal, que inicia su accionar, generalmente, después de acaecidos los hechos criminales, y que requiere atribuciones legales para su proceder” (Castro & Aparicio, 2008), mediante la reconstrucción del hecho delictivo. Como objeto transversal de la investigación criminal está el demostrar de manera técnico-científica la existencia de un hecho en particular, o conducta punible que es un probable hecho delictivo, así mismo el determinar los fenómenos y reconstruir el mecanismo del hecho.

Recolectar y aportar pruebas, establecer hipótesis con base en elementos materiales probatorios y análisis de las diligencias judiciales, coordinar el uso adecuado de las técnicas o sistemas para la identificación de la víctima, el victimario y las diferentes acciones que circunscribieron el hecho, con el fin de establecer o convertir los elementos materiales recolectados en pruebas para vincularlas de forma técnico-científica a los autores, a través del empleo de técnicas y procedimientos, que terminen aportando las pruebas indiciarias para los presuntos autores y demás involucrados, con el propósito de establecer los hechos: así mismo, permite a las autoridades judiciales administrar la justicia con base en la confirmación científica (Castro & Aparicio, 2008).

Puesto que el investigador criminal es quien aplica correctamente estrategias y técnicas policiales relacionadas con los crímenes para el manejo adecuado del lugar donde se ha cometido una conducta punible (Facultad de Investigación Criminal , 2014), sin embargo, dicha afirmación puede ser cuestionada si no se tiene claridad sobre el quehacer del investigador desde el objeto material de la disciplina; trabaja en sociedad con el profesional en criminalística (desde las diferentes áreas) que conoce los métodos técnico-científicos para el procesamiento acertado de elementos materiales de prueba, pero además es quien conoce mejor las normas jurídicas que regulan y suministran los parámetros para el adecuado manejo, preservación y almacenamiento de los elementos probatorios encontrados y aportados en una investigación (Tobón, 2008).

Naturaleza de la investigación criminal

La enseñanza de la investigación criminal ha sido un pilar inicial de la

Policía Nacional tenida en cuenta como función constitucional de la institución, pues el quehacer investigativo recae sobre dos entes gubernamentales, como son el Cuerpo Técnico de Investigación de la Fiscalía General de la Nación y la Policía Judicial, quienes llevan a cabo de manera exclusiva este quehacer; desde la perspectiva de la importancia que tiene tanto para el Estado como para la defensa en un proceso judicial, en el cual en torno a un delito se lleve a cabo una investigación ya sea criminal y/o judicial, que dé cuenta de una conducta en contra de la ley, así mismo, el aporte de las ciencias forenses aplicadas a la investigación (reconstrucción del hecho delictivo), como apoyo en la administración de la justicia.

Por otra parte, la investigación criminal en el marco del Proceso Penal Oral Acusatorio brinda la posibilidad de llevar a cabo procesos investigativos no solo a la Fiscalía General de la Nación, sino que hizo la apertura a la defensa con el fin de poner en igualdad de condiciones los procesos que contribuyeran de una u otra manera al esclarecimiento de los hechos delictivos, convirtiéndose a su vez en un espacio en el cual se ha de desempeñar el profesional en investigación criminal.

Si bien es cierto, la investigación criminal ha sido tenida en cuenta como una de las funciones sustanciales de la policía judicial con miras al apoyo de la administración de justicia en especial penal, esta se ha convertido en una necesidad misma de la defensa, pues la justicia se formaba para apoyar a la fiscalía, dejando de lado las mismas oportunidades para la contraparte, por lo tanto, el llevar a cabo la consecución, recolección, aseguramiento y estudio técnico científico de los diversos materiales probatorios hallados y por descubrir en el marco de un hecho punible que ha de permitir investigar (Castro & Aparicio, 2008).

En un artículo publicado por la Facultad de Investigación Criminal (2015), se afirma que, con la implementación del nuevo Sistema Penal Acusatorio Colombiano, el magister en investigación criminal asume un rol importante en la investigación criminal, ya que se convierte en investigador testigo cuando tiene a su cargo el esclarecimiento de un delito. Puesto que supone para este estar en capacidad de coordinar, analizar, evaluar y dictaminar sobre un hecho punible, a través de los indicios encontrados en el lugar de los hechos, sin embargo, es impor-

tante diferenciar el perito del investigador criminal, teniendo en cuenta que el perito es aquella persona experta que posee una formación práctica- teórica en el área judicial, procesal, técnica y científica en un área específica (topografía, química, física, medicina, odontología, etc.), que coadyuva desde la búsqueda y análisis de la información, evaluación, fijación, levantamiento e interpretación de cualquier tipo de evidencia, además posee la habilidad para el tratamiento de la evidencia en la cadena de custodia para la reconstrucción del hecho delictivo en la investigación criminal (Asociación de Peritos Colaboradores con la Administración de Justicia de la Comunidad de Madrid, 2016); por otro lado, el investigador criminal debe tomar el resultado de los estudios técnico-científicos de los peritos y cerciorarse que las sospechas se basen en una evaluación objetiva de los hechos y de que no hayan manipulado los hechos para ajustarlos a sus sospechas (Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito, 2010) de tal manera que su rol de investigador tiene una responsabilidad única, por tanto que es quien debe realizar el análisis de los resultados científicos del riesgo criminal y ofrecer al juez las pruebas necesarias para un veredicto (Servan, 1967). El investigador criminal puede desempeñarse en los siguientes campos de acción:

- Auxiliares idóneos de los jueces en el área penal.
- Fiscales en múltiples niveles de la estructura de la Fiscalía General de la Nación.
- Investigadores del CTI y de las instituciones que desarrollan funciones de Policía Judicial.
- Defensores contractuales o públicos adscritos a la Defensoría del Pueblo.
- En forma particular como asesores de los litigantes, entre otros.

Investigar implica un conjunto de actividades, diligencias o gestiones para averiguar o descubrir una cosa. En este sentido la investigación criminal va más allá de estas mismas actividades, diligencias o gestiones, ya que se compone de averiguaciones de los hechos de relevancia jurídico-penales referidos a un crimen. La realización de todas las actividades y la puesta en práctica de técnicas que conduzcan al fin perseguido que, con mayor precisión, debe establecerse en lograr el conocimiento cierto de los hechos de interés para calificar las conductas típicas del derecho pe-

nal, así como las circunstancias relativas a las mismas, es decir lo que en derecho procesal-penal se considera como la verdad material. Así mismo en investigación criminal se incluyen algunas de las más modernas técnicas aplicadas por los investigadores, que a través de la ciencia logran descifrar los enigmas investigativos, entre las técnicas se destacan:

- Física forense, incluye la mecánica, la óptica, el calor, la electricidad y el magnetismo.
- Química, explosivos (producción industrial o casera), toxicología, bromatología y farmacología forense.
- Biología forense, contiene análisis de manchas sanguíneas, fluidos biológicos, entre otras.
- Medicina forense, histología, patología, antropología, fisonomía, reconstrucción facial etc.
- Psicología forense, perfilación criminal, criminología.
- Ingeniería forense en todas las áreas (eléctrica, civil, mecánica, etc.)
- Informática.
- Ciencias jurídicas, como el derecho penal, la política criminal, derecho constitucional, etc.
- Explosivos
- Grafo-técnica, documentología, dactiloscopia, papiloscopia, lofoscopia
- Odontología forense
- Balística forense (armas de fuego, proyectiles, municiones)

Lo anterior evidencia no solo la aplicación de un diseño metodológico o una sola metodología sino la ciencia misma al servicio de la administración de la justicia que a su vez se apoya en la criminalística y las ciencias forenses, entendida la primera como “la disciplina auxiliar del Derecho Penal que se ocupa del descubrimiento y verificación científica del delito y delincuente” (Quiroz, 1961), la anterior definición puede ser ampliada afirmando que quien determina que la Criminalística es la disciplina auxiliar del Derecho Penal, mediante la aplicación de las técnicas y conocimientos científicos a las pesquisas del procedimiento criminal se ocupa del descubrimiento y verificación científica del delito y del delincuente, todo lo anterior dando origen a la criminología y la victimología como ciencias auxiliares para la comprensión del delito y de los diferentes actores (Villareal, 1969).

La Facultad de Investigación Criminal, adscrita a la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional forma al personal policial en diferentes áreas, para el caso concreto, tecnólogos en criminalística y profesionales en criminalística, los planes de estudios propuestos como eje de los contenidos curriculares, guardan estrecha relación con la maestría en investigación criminal la cual se expresa como una ciencia, un arte y una técnica, en una convergencia de la criminalística a través del estudio de la escena; la vinculación de las ciencias puras, que aplicadas en el desvelamiento del delito surten un adicional etimológico llamado “forense”, pues el dictamen técnico- científico de un planteamiento sometido al análisis de un profesional en cualquier arte o ciencia, se denomina pericia, perdiendo así el fin como ciencia pura para aportar en el esclarecimiento del delito (Facultad de Investigación Criminal , 2014).

Lo anterior, para la disminución de la impunidad, la apreciación, el análisis del índice de criminalidad y los índices o estrategias para la reducción del delito, lo cual es acorde al objeto de estudio de la criminología y son variables del estudio de la investigación criminal, bajo la figura jerárquica que, en consideración al resultado de esta investigación, no es correcto:

Jerarquía de la Investigación Criminal



Fuente. DINA E, Facultad de Investigación Criminal, 2015.

Ello, teniendo en cuenta que, algunos tratadistas definen la investigación criminal como una disciplina jurídica que hace referencia a ciertas actividades de gerenciamiento, en las cuales se indaga la realización de una conducta delictiva. Dicho gerenciamiento supone la consecución y administración racional de los recursos humanos, técnicos, financieros y físicos con los que cuenta el investigador para cumplir determinados objetivos. Así mismo, la investigación criminal es un mecanismo de con-

trol y coerción social dirigido a la búsqueda de información relacionada y orientada a unos fines específicos, es decir, a la determinación del hecho configurado por la ley como delito (Baquero, 2010).

Actualmente se dice que el objeto material de la Investigación Criminal es: “...reconstrucción fidedigna de la comisión de cualquier hecho delictivo, ubicándolo en el mismo contexto temporal y espacial que haya tenido lugar, para determinar el “itercriminis” (etapas de desarrollo) mediante el uso de técnicas y medios legalmente autorizados” (Facultad de Investigación Criminal, 2015).

Para una mejor comprensión del objeto de estudio que definen se hace necesario partir de la concepción dada por Castro, Miguel en una conferencia sobre el Modelo de Inteligencia criminal en Chile, así: la investigación criminal tiene como fin auxiliar a la justicia, dentro del proceso penal, que inicia su accionar, generalmente, después de acaecidos los hechos criminales, y que requiere atribuciones legales para su proceder (Castro & Aparicio, 2008)

Por otra parte, recolecta y aporta pruebas, establece hipótesis con base en dictámenes y análisis de las diligencias judiciales, establece los hechos, es decir, que la investigación criminal permite a las autoridades judiciales administrar la justicia con base en la confirmación científica. (López, 2000).

Así mismo, la investigación criminal se entiende como la actividad técnica y científica que los órganos del Estado con funciones de Policía Judicial realizan con el fin de recolectar la evidencia física y los elementos materiales probatorios que permitan conocer y comprender un hecho delictivo. Así mismo, la finalidad de la investigación criminal es verificar la ocurrencia del hecho, que se enmarque en el Código Penal, establecer los autores o partícipes de la conducta punible, también los motivos determinantes que influyeron en la violación de la Ley Penal y las circunstancias de tiempo, modo y lugar en que se realizó la conducta (Castro & Aparicio, 2008), lo anterior nos remite a los conceptos de criminalística y criminología. De acuerdo a lo anterior, se podría afirmar que:

1. La criminalística (ciencias forenses) y la investigación judicial (actuaciones delegadas por la Fiscalía a los investigadores y policía judicial), son ciencias auxiliares de las ciencias jurídicas.
2. Las ciencias forenses (medicina, odontología, documentología, balística, criminología, victimología, entre otras) son auxiliares de la criminalística.
3. Las ciencias jurídicas y las ciencias forenses son aprovechadas por la investigación criminal, para la reconstrucción del hecho delictivo.

Por tanto, la investigación criminal es resultado del quehacer de las ciencias jurídicas, la criminalística, las ciencias auxiliares de la criminalística y la investigación judicial para la reconstrucción del hecho delictivo y su esencia, que no es otra que la búsqueda de la verdad, como fundamento ontológico y filosófico, toda vez que responde el porqué de las cosas para proceder conforme al resultado de las verdades encontradas relacionadas con la existencia de los hechos, es decir, el hallazgo del qué, quién, cómo, cuándo y por qué se ejecuta el hecho criminal. Investigar para conocer y conocer para actuar.

De acuerdo, con lo anterior, se propone la siguiente Jerarquía:



Fuente. Creación propia, (2016)

En este sentido, la investigación criminal se fundamenta en un saber de tecnología con base científica, toda vez que guarda estrecha relación con las ciencias forenses, cuyo objeto es la aplicación de la ciencia y la tecnología de las denominadas ciencias técnicas, que son la síntesis de los resultados adquiridos por la sociedad a consecuencia de la concu-

rrencia de las ciencias de la naturaleza y la sociedad, al estudio de los aspectos fácticos que se encuentran en el origen de litigios, conflictos y situaciones controversiales entre personas de distinta naturaleza, con la finalidad de determinar el grado de probabilidad de ocurrencia de los hechos delictivos, y la relación de las personas físicas y jurídicas con los hechos y las cosas productoras de los mismos (García A. , 2014).

La investigación criminal, también guarda estrecha relación con la criminalística, que es una técnica que ha ido evolucionando a la par con la ciencia y la tecnología, logrando una alta posición al lado de las ciencias forenses y ubicándose como pilar fundamental de la investigación judicial. Tiene su fundamento en la Física, Química y Biología, ciencias básicas que avalan los laboratorios donde se realizan procedimientos y análisis referidos a balística, documentología, grafología, fotografía, exámenes de ADN, exámenes de toxicología, estupefacientes, etc. (Tobón, 2008). La investigación criminal es base de la criminalística y se asocia a las demás disciplinas forenses para la reconstrucción de un hecho delictivo, teniendo en cuenta las circunstancias de tiempo, modo y lugar.

Finalmente, se plantea un cuadro de resumen en el cual se compilan aquellos conceptos que abarcan desde el saber hasta el método en la criminalística, criminología e investigación criminal:

ASPECTO	CRIMINALÍSTICA	CRIMINOLOGÍA	INVESTIGACIÓN CRIMINAL
SABER	Técnica	Científico	Tecnología de base científica
TIPO DE CIENCIA	Auxiliar de las ciencias jurídicas	Episteme de las ciencias humanas y sociales	Auxiliar de la criminalística
CIENCIAS QUE LA COMPLEMENTAN	Derecho	Social multidisciplinar (Arcos, 2016)	Criminalística
OBJETO MATERIAL	Los indicios o evidencias relacionadas con un delito puntual	Estudio del delito	Reconstrucción del hecho delictivo
METODOLOGÍA	Científica	Causal-explicativa	Científica
RESULTADOS	Verificables y objetivos (no hay lugar a hipótesis)	Hipótesis	Hay lugar a hipótesis y estas deben ser verificables y objetivas
CAMPO	Multidisciplinar, involucra el conocimiento varias disciplinas cada una aportando desde su espacio al tema en cuestión.	Interdisciplinar, abarca aspectos de varias disciplinas, en un aspecto puntual.	Pluridisciplinar
METODO	Observación y análisis de datos, método científico	Experimental	Observación y análisis de datos, método científico

Compilación de conceptos

Fuente. Creación propia, (2016)

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo documental toda vez que se toma un grupo de documentos filosóficos, epistemológicos y legales. Esto se hace teniendo como base el concepto dado por (Gómez, 2011), quien menciona que esta consiste “en reunir, seleccionar y analizar datos que están en forma de “documentos” producidos por la sociedad para estudiar un fenómeno determinado”. Por tanto, la investigación es exploratoria, de acuerdo a lo afirmado por (Cazau, 2006) la aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal desde la fundamentación epistemológica es desconocida para la comunidad profesional del campo en el que se realiza la investigación, careciendo entonces de antecedentes que puedan orientar la investigación emprendida. Lo cual impide demostrar las conclusiones sobre los de medios y técnicas para recolectar datos en diferentes ciencias como son la revisión bibliográfica especializada.

El propósito para aplicar este tipo de investigación, es por ser la primera aproximación que se realiza sobre el objeto de estudio de esta investigación, a fin de poder asirse con información general sobre su aspecto, comportamiento y características, pues se basa en las observaciones y cálculos aproximados que puede establecer el investigador en su primer contacto con aquello sobre lo cual pretende establecer una investigación (Cazau, 2006). Así mismo, da la posibilidad de crear un marco teórico y epistemológico lo suficientemente fuerte como para determinar qué factores son relevantes al problema y por lo tanto deben ser investigados.

Esto se hace teniendo como base el concepto de Hernández (2010), quien aduce que la investigación exploratoria es toda aquella que toca un tema nunca o poco estudiado y se quiere conocer de él o profundizar en el mismo.

Es pertinente resaltar que, por tratarse de una investigación de tipo exploratoria, corresponde a la primera fase de una investigación, es decir, generar una hipótesis, que estimule el desarrollo de una tesis mucho más elaborada. En este sentido, entonces, cumple con el papel de generar una tendencia investigativa dentro del campo de estudio académico y filosófico, dando pie a una investigación de tipo descriptivo, en la cual con el método científico adecuado se tomarán las principales características del objeto de estudio, es decir, la definición del objeto material de la investigación criminal, desde una fundamentación epistemológica (El Pensante, 2016).

3.2. Enfoque de la investigación

Cualitativo, Hernández (2005), afirma que a diferencia de un estudio cuantitativo, donde se puede determinar la calidad mediante la valoración de sus criterios de validez primarios y secundarios, en los estudios de corte cualitativo esta interpretación es más compleja, debido a que la metodología, el tipo de información y los tipos de pregunta de investigación que éstos responden difieren en su naturaleza, y aspectos como la validez externa e interna adquieren otros significados.

En lo que concierne al enfoque de investigación cualitativo, (Gómez, 2011) afirma que ello implica ante todo una postura epistemológica a partir de la cual se va a ir construyendo el objeto de investigación. Teniendo en cuenta que el paradigma cualitativo busca comprender e interpretar la realidad más que analizarla y explicarla, en el contexto de la investigación documental es el que mejor responde a la construcción teórica del proceso.

3.3 Método de la investigación

Teniendo en cuenta que se trata de un estudio cualitativo, se utilizaron algunas herramientas para aumentar su validez y calidad, entre las cuales encontramos la triangulación (Benavides, 2005). Esta investigación busca realizar una aproximación a la definición del objeto material de la investigación criminal de una manera sencilla y describir las concepciones que se tienen con respecto a éste, haciendo hincapié en las ventajas de conocer su esencia y el quehacer para el buen desarrollo de la investigación criminal.

Es así, que a través de fuentes bibliográficas, epistemológicas y filosóficas de teorías relacionadas con la investigación criminal, se elaboró una triangulación metodológica, toda vez que ofrece la alternativa de poder visualizar un problema desde diferentes ángulos y de esta manera aumentar la validez y consistencia de los hallazgos, cuyo objetivo es la búsqueda de patrones de convergencia para poder desarrollar o corroborar una interpretación global del objeto material de la investigación criminal, objeto de esta investigación (Patton, 2002), ello no significa que se quieran encontrar resultados iguales, sino que de acuerdo al método cualitativo, el conocimiento es una creación a partir de la interacción entre el investigador y lo investigado, que da cabida a que existan múltiples versiones de la realidad igualmente válidas.

Se realiza así, el estudio de los resultados obtenidos, la reflexión sobre la investigación realizada, análisis del estudio y de las conclusiones obtenidas, etc.

3.4 Población y muestra - documentos de análisis

Se toman aquellos documentos relacionados con el tema de estudio como principales actores influyentes en la investigación, los cuales permiten identificar las características del mismo desde diversos puntos de vista.

A su vez, aleatoriamente se da el análisis pertinente a algunos de los ya mencionados, para este proceso investigativo, atendiendo a lo mencionado por Hernández et al, (2014), quien argumenta que el muestreo no probabilístico es aquel que no depende de la probabilidad sino de la intención o características que se quieren mostrar de la investigación.

3.5 Técnicas de recolección de investigación

Para el correcto y fiable desarrollo de la investigación, se utilizó como instrumento de investigación la observación. Según Cazau (2006), todo instrumento de medición intenta medir algo. Este algo es un aspecto recortado de la realidad, habitualmente designado como variable. Como la variable puede adoptar diferentes valores, el instrumento de medición informará acerca de qué valor adoptó la misma aquí y ahora, en esta persona o en este objeto.

Como lo menciona Hernández (2010), las ciencias sociales disponen de una amplia gama de instrumentos de medición, como por ejemplo la observación, herramienta que en la presente investigación permitió desarrollar una exploración de los diferentes documentos que se tuvieron presentes. En este aspecto, la observación funge además una herramienta de tamizaje que permite identificar aquella información que es relevante.

De allí que, en la aplicación de la observación como instrumento de medición, se hayan descartado los diferentes informes y documentos existentes en la web y en bibliotecas, realizados a manera de opinión, con exposiciones subjetivas sobre el tema ya mencionado, ya que al examinar la información contenida, esta podía conducir a errores en el abordaje del análisis.

Se incluyeron como base de la información solo aquellos documentos de fuentes fiables, referencias legales, soportes documentados, sustentos jurídicos y normativos que permitan una discusión objetiva.

3.6 Procedimiento de la investigación

Fase 1: Preparatoria - Formulación del proyecto

En la fase preparatoria se construirá el marco teórico que permitirá contextualizar la investigación, tomar las decisiones en torno al diseño de los instrumentos que serán utilizados, a los objetivos, al problema planteado y reflexionar en torno a la información obtenida.

Para lo anterior, se realizarán las siguientes actividades:

- Lectura de bibliografía especializada relacionada con el objeto de estudio, revisión de libros, artículos, investigaciones, etc., con la finalidad de identificar temas clave y de iniciar la construcción de un marco teórico para el informe final de la investigación.
- Conceptualización y elaboración de una base que permita la fundamentación de la investigación.
- Elaboración del primer borrador del marco teórico y del diseño de la investigación.
- Definición del diseño de la investigación, objetivos del estudio, téc-

nicas de obtención de la información, cronograma y metodología a utilizar.

Fase 2: Comparación

En esta fase se realizará el trabajo comparativo que persigue la obtención de datos de acuerdo con los objetivos establecidos.

Las actividades a desarrollar son:

- Recolección de la información mediante instrumentos como libros, artículos, investigaciones, etc.
- Revisión constante del diseño de la investigación, es decir, la evaluación continua del desarrollo de la investigación respecto a los objetivos perseguidos.

Fase 3: Análisis

Durante la fase de análisis se realizan las reflexiones y comprobaciones a partir de la información obtenida con el fin de extraer los significados relevantes en relación al problema de investigación propuesto (Rodríguez, 1996).

Lo cual implica el desarrollo de las siguientes actividades:

- Reducción de datos: síntesis, identificación y clasificación de elementos.
- Verificación de conclusiones; procesos para obtener conclusiones, procesos para alcanzar conclusiones aspectos relevantes, por lo que se requiere explorar e indagar, para la cual se dispone de un amplio espectro.

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones

1. La Investigación Criminal, orienta su esfuerzo a reconstruir los hechos delictivos. En desarrollo de esta función convergen el accionar policial, fiscal y judicial (Flores, 2016), por tanto, la investigación criminal tiene su propia metodología para obtener el resultado, esta se desarrolla de acuerdo al Código de Procedimiento Penal (Congreso de la República de Colombia, 2004) así:

- Conocimiento de la noticia criminal.
- Diligencias en la escena/comprobar.
- Trazar el programa metodológico.
- Determinar objetivos en relación con la naturaleza de la hipótesis delictiva.
- Determinar criterios para evaluar la información.
- Delimitación funcional de las tareas.
- Procedimientos de control en el desarrollo de las labores.
- Recursos de mejoramiento de los resultados obtenidos.

2. Ordenar la realización de las actividades del Programa Metodológico de la Investigación:

- Actividades que no impliquen restricción a los derechos fundamentales.
- Actividades conducentes al esclarecimiento de los hechos.
- Descubrimiento de los elementos materiales probatorios y evidencia física.
- Individualización de los autores y partícipes del delito.
- Evaluación y cuantificación de los daños causados y a la asistencia y protección de las víctimas

3. Recibir informes de avances y de resultados de las actividades desarrolladas por la Policía Judicial.

En estos cinco pasos, las disciplinas de la criminalística convergen en la investigación criminal, dando como resultado la certeza razonable de acción con características de delito (típica, ilícita, culpable), entendida como la comisión u omisión de una conducta atribuible al actor; esta conducta debe estar debidamente tipificada, es decir, ajustada a una figura legal; la antijuridicidad o condición bajo la cual dicha acción causó una lesión; y, la intención más conocida como culpabilidad en la acción; así mismo, la capacidad del actor para comprender si la acción cometida era buena o mala para determinar su imputabilidad y la punibilidad.

Por tanto, la investigación criminal es una tecnología con base científica que aporta a la técnica de las ciencias auxiliares de la criminalística, entiéndase esta como las propias del trabajo de las diferentes disciplinas; teniendo en cuenta que basa sus resultados en la observación y análisis de datos, apoyados en métodos científicos y experimentales de las ciencias que complementan dicho saber, es decir que, en sentido amplio, esta es el resultado de la aplicación de las ciencias auxiliares de la criminalística. A su vez, se concluye que es una ciencia auxiliar de la criminalística ya que su metodología es científica (principio de la criminalística).

4.1 Recomendaciones

De acuerdo a la definición de componente propedéutico, proceso por el cual se prepara a una persona para continuar en el proceso de formación a lo largo de la vida que establece el (Ministerio Educación Nacional) y dado el resultado arrojado por esta investigación, es pertinente que desde la Facultad de Investigación Criminal:

1. Se realice una distinción de las competencias propias de cada nivel de formación.
2. Se proponga la revisión y ajuste del programa de Maestría en Investigación Criminal.

Ello, implica replantear el perfil del aspirante que desde su disciplina contribuya a la investigación criminal y del egresado que aporte al conocimiento científico de los principios de la criminalística y contribuirá al fortalecimiento de la formación de profesionales en las diferentes

técnicas y métodos de peritaje, para el caso de la investigación criminal garantiza que conocer el ser, el hacer y específicamente su objeto material entendido como el contenido de la ciencia de la realidad que se explora, permite tener mayor claridad sobre lo que se quiere conocer. De acuerdo a lo anterior, el desarrollo del ciclo y componente propedéutico de los programas de formación de la Facultad de Investigación Criminal, que aportan a la administración de justicia deben establecerse de la siguiente manera:



Fuente. Creación propia, (2016)

Referencias bibliográficas

Afanador, R. (1943). Acciones de Policía en Cundinamarca. Tesis (Doctor en derecho). Bogotá: Universidad Externado de Colombia. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales y Política.

Aguilera, M. (1965). Historia extensa de Colombia. Bogota: Lerner.

Almanza, A. R. (2010). Enciclopedia CCI: criminalística, criminología e investigación. Bogotá: Sigma Editores.

Alvarez, G. M. (2012). Notas para la historia de la Criminología. (M. UNAM, Ed.) Recuperado el 2016, de Psicología UNAM: http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/Notas_para_la_Historia_de_la_Crimi-

nologia_Alvarez_Diaz_Montenegro_Nunez_Martinez_Manuel_TAD_7_8_y_9_sem.pdf

Alvarez, J. E. (2009). La ciencias de la Policía un estado del arte. Bogotá: Policía Nacional, Dirección Nacional de Escuelas, Escuela de Postgrados de la Policía.

Antolin, A. (2005). La Policía en Grecia: De la polis al Estado Helenístico (Tesis Doctoral). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Arcos, G. (noviembre de 2016). Redalyc. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441942914005>

Aristóteles. (2015). Metafísica. (T. d. Azcárate, Ed.) FV Éditions. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=NolzCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metafisica+de+aristoteles&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi_9964h73PAhVJYiYKHfaeAOgQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=false

Aristóteles. (344). Política. Mitilene.

Arnau, F. (1966). Historia de la policía. Barcelona: Luis de Caralt.

Asamblea General de la INTERPOL. (1956 (2008)). ESTATUTO DE LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE POLICIA CRIMINAL - INTERPOL . Obtenido de <http://www.interpol.int/content/download/9429/229074/version/9/file/01.%20%20ESTATUTO%20INTERPOL.pdf>

Asociación de Peritos Colaboradores con la Administración de Justicia de la Comunidad de Madrid. (Noviembre de 2016). Obtenido de <http://www.apajcm.com/perito-forense.html>

Ballester, J. (2012). Justicia Forense. Recuperado el 22 de Marzo de 2016, de <http://justiciaforense.com/material/cursos2012/Cursos%202013/ARCHIVOS%20FORENSES%201/INVESTIGACION%20CRIMINAL/ARCHIVOS%20PDFS/INVESTIGACION%20CRIMINOLOGICA.pdf>

Baquero, M. (2010). <http://avalon.utadeo.edu.co/>. Obtenido de http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/anuario_2010/files/assets/basic-

Benavides, M. &. (enero-marzo de 2005). SCIELO. Recuperado el Noviembre de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000100008

Bernal, J. y. (2004). El proceso penal, fundamentos constitucionales del nuevo sistema acusatorio. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Bonger, W. (1943). Introducción a la Criminología. Pánuco, México : Fondo de Cultura Económica.

Bonseana (Beccaria), C. (1764). De los delitos y las penas. Livornio, Italia.
Bunje, M. (1981). La ciencia, su método y filosofía. Buenos Aires, Argentina: Ediciones siglo XXI.

Bunje, M. (1985). Epistemología. ARIEL S.A.

Bunje, M. (2002). Las ciencias sociales en discusión. Argentina: Sudamericana.

Burgos, Á. (2010). Universidad de Costa Rica. (R. D. Rica, Ed.) Obtenido de revistas.ucr.ac.cr/index.php/RDMCP/article/download/12576/11822 Castaño, A. (1947). La Policía, su origen y su destino. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia.

Castro, J., & Aparicio, J. (2008). La investigación criminal y el esclarecimiento de un hecho punible. Criminalidad, 50(2), 103 - 116. Obtenido de http://www.policia.gov.co/imagenes_ponal/dijin/revista_criminalidad/vol50_2/07lainvestigacion.pdf

Cazau, P. (2006). Introducción a la Investigación en Ciencias Sociales. Buenos Aires: Galeón.

Ceballos, J. (2014). La Sociología Criminal. Obtenido de [https:// ruvvic123.wordpress.com/2015/04/10/la-sociologia-criminal/](https://ruvvic123.wordpress.com/2015/04/10/la-sociologia-criminal/)

Cegarra, J. (2004). Metodología de la investigación científica y tecnológica.

Madrid : Ediciones Díaz de Santos .

Cela,A.(12 de septiembre de 2016).<https://dialnet.unirioja.es/>.Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5447406.pdf>

Cela, R.A. (Julio/Septiembre de 2011). 1911-2011: Un siglo en la escena del crimen. QUADERNOS DE CRIMINOLOGIA(14), 36-37.

Colón, A. (1992). Filosofía de la técnica . Puerto Rico: Editorial de la Universidad de Puerto Rico .

Congreso de Colombia. (2000). Código Penal, Ley 599 . Colombia: Ediciones jurídicas Andrés Morales.

Congreso de la República . (1991). Constitución Política de Colombia. Colombia: Leyer.

Congreso de la República. (28 de Diciembre de 1992). Ley 30. Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. Bogotá.

Congreso de la República. (1 de agosto de 2007). VLEX. Obtenido de <http://app.vlex.com.ugc.elogim.com:2048/#CO/search/jurisdiction:CO/criminologica/p11/vid/451457194>

Congreso de la República de Colombia. (1991). Ley 4 de 1991, Art. 10. Obtenido de <http://oasportal.policia.gov.co>: http://oasportal.policia.gov.co/portal/page/portal/PROGRAMAS_DEPARTAMENTOS_MUNICIPIOS_SEGUROS/dms_cerca/legislacion/Leyes/LEY%2004%20DE%201991.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 62 . Colombia. Congreso de la República de Colombia. (2004). Ley 906. Bogotá: Leyer.

Constain, M. y. (1963). Investigación Criminal. Bogotá:TEMIS.

Diccionario de la lengua española. (2001). Madrid, España.

Dutelle, A. (2011). An Introduction to crime scene investigation. Massachusetts: Sudbury.

El Pensante. (17 de Marzo de 2016). Obtenido de <https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-exploratoria-que-es-y-en-que-consiste/>

ENCICLOPEDIA BRITANNICA. (1 de junio de 2016). ENCICLOPEDIA BRITANNICA. Obtenido de <http://global.britannica.com/topic/Thames-River-Police>

Escobar, D. (2014). El fundamento de validez de la política criminal alternativa desde el enfoque epistemológico de la criminología crítica (Tesis maestría). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/46791/1/06700492.2014.pdf>

Etimologías de Chile. (2016). Etimologías de Chile. Obtenido de <http://etimologias.dechile.net/>

Facultad de Investigación Criminal . (2014). Documento Maestro programa Maestría en Investigación Criminal . Bogotá : Dirección Nacional de Escuelas .

Facultad de Investigación Criminal. (2013). Documento Maestro programa Tecnología en Criminalística. Bogotá: Dirección Nacional de Escuelas.

Facultad de Investigación Criminal. (2014). Documento maestro programa profesional en criminalística. Bogotá: Dirección Nacional de Escuelas.

Facultad de Investigación Criminal. (mayo de 2015). <http://www.policia.edu.co/>. (D. N. Escuelas, Ed.) Obtenido de <http://www.policia.edu.co/documentos/academico/Boletin%20academico%20No.%20098%20DOCTRINA%20EN%20INVESTIGACION%20CRIMINAL.pdf>

Falcone, D. (2014). Apuntes sobre la formalización de la investigación desde la perspectiva del objeto del proceso penal. Revista de Derecho

Universidad Católica del Norte Sección: Estudios Año 21, 183-224. Fernández, J. (2009). Investigación Criminal, una visión innovadora y multidisciplinaria del delito. Barcelona: Bosch.

Fiscalía General de la Nación. (2009). Manual de Procedimientos de la Fiscalía en el Sistema Penal Acusatorio Colombiano. Bogotá: Fiscalía General de la Nación.

Flores, S. &. (Septiembre de 2016). <http://www.juridicaformativa.uson.mx/>. Obtenido de http://www.juridicaformativa.uson.mx/memorias/v_coloquio/doc/derechoconstitucional/GOMEZ_CHAVEZ_Y_FLORES_ESQUER.pdf

Franco, P. O. (2007). Programa Metodológico en el Sistema Penal Acusatorio. Bogotá: Fiscalía General de la Nación, Escuela de Estudios e Investigaciones Criminalísticas y Ciencias Forenses.

García, A. (octubre de 2014). <http://www.perarg.com.ar>. Obtenido de <http://www.perarg.com.ar/docs/asist-Let/documentos/2-1003-Ingenieria-Forense-y-siniestros-viales.pdf>

García, F. (21 de junio de 2016). <http://www.policia.gov.co>. Obtenido de http://www.policia.gov.co/home_html5/pdf/nuestra_historia.pdf

García-Pablos, A. (2012). Introducción al Derecho Penal: Instituciones fundamentales y tendencias del Derecho Penal. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.

Gómez, L. (Marzo de 2011). (R. V. Práctica, Ed.) Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4815129.pdf>

Gross, H. (1893). Handbuch für Untersuchungsrichter als System der Kriminalistik (Manual del Juez como Sistema de Criminalística).

Hassemer, W. &. (1989). Introducción a la Criminología y al Derecho Penal. Valencia: Tirant lo Blanch.

Henao, J. (1967). Historia de Colombia. Bogota: Voluntad.

Hernández, R. F. (2010). Metodología de Investigación. Mc Graw Hill.

Hikal, W. (2009). <http://sistemaucem.edu.mx/>. Recuperado el septiembre de 2016, de http://sistemaucem.edu.mx/bibliotecavirtual/oferta/licenciaturas/criminologia/CRIMI105/introduccion_al_estudio_de_la_criminologia.%20listo.pdf

Kelling, G. (junio de 1988). Police and communities: the quiet Revolution. Perspectives on policing (1), 1 - 8.

Le Clére, M. (1957). Histoire de la police. Paris: Universitaires de France.

Locard, E. (1935). Manual de Técnica Policiaca. Barcelona: SECCIF - sociedad Española de Criminología y Ciencias Forenses.

Lopez, C. J. (Enero/Marzo de 2011). Investigación Criminal en la antigua Roma. QUADERNOS DE CRIMINOLOGIA (12), 16-21.

López, P. G. (2000). Investigación Criminal y Criminalística. Bogotá: TEMIS.

MacDowell, D. M. (1978). The law in Classical Athens. Ithaca, New York : Cornell University Press.

Mare, N. D. (1707). Traite de la police. Paris: Imprimeur-Libraire ordinaire de l'Academic Royale des inscriptions & Medailles, rue du foin, a la Minerve.

Mayor Schiavenato, L. (2002). Policías del mundo. Bogotá: Producciones Tres Ltda.

Medina, H. (1993). Historia de la Policía en Colombia. Publicaciones de la Policía Nacional.

Ministerio de Defensa Nacional. (2009 de Diciembre de 2009). Resolución 03856. Por la cual se define la estructura orgánica interna y se determinan las funciones de la Dirección Nacional de Escuelas. Bogotá.

Ministerio de Educación Nacional. (2010 de Abril de 2010). Decreto 1295. Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior. Bogotá.

Ministerio de Educación Nacional. (2010). Decreto 1295. Bogotá. Obtenido de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-229430_archivo_pdf_decreto1295.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (septiembre de 2016). <http://www.mineduacion.gov.co>. Obtenido de <http://www.mineduacion.gov.co/1621/article-196476.html>

Ministerio Educación Nacional. (s.f.). <http://www.mineduacion.gov.co>. Obtenido de <http://www.mineduacion.gov.co/1621/article-196476.html>

Mora, E. (02 de Septiembre de 2016). Historia de la Criminología. Obtenido de criminologiasco: <http://criminologiasco.blogspot.com.co/2005/08/historia-de-la-criminologia.html>

Morla, R. (2010). La Ilustración en Santo Domingo durante los siglos XVIII - XIX (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de <http://eprints.ucm.es/10845/1/T31870.pdf>

Mozetich, C. (15 de agosto de 2011). <http://es.calameo.com>. Obtenido de <http://es.calameo.com/books/00083743134e3de973741>

Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito. (2010). <https://www.unodc.org>. Recuperado el 8 de Septiembre de 2015, de https://www.unodc.org/documents/justice-and-prison-reform/crimeprevention/Crime_Investigation_Spanish.pdf

Orozco, S. (2014). Normalidad y anormalidad psicologica y niveles de prevención. Recuperado el septiembre de 2016, de <https://aprendeonline.udea.edu.co>: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/Psyconex/article/download/22445/18579>

Otin, J. &. (2015). En C. S. Criminológicos (Ed.). España: Sociedad Española de Criminología y Ciencias Forenses.

Pabón, P. (2012). Código Penal Esquemático. Bogotá: Ediciones Doctrina y Ley.

Patton, M. (2002). Qualitative research and evaluation methods. Thousand Oaks: Sage.

Pavarini, M. (4 de Septiembre de 1983 (2016)). Control y dominación: teorías

criminológicas burguesas y proyecto hegemónico. Obtenido de Google Books: https://books.google.com.co/books?id=gYfHMZKVbkAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Pérez, F. (2007). *Universitas vitae: Homenaje a Ruperto Núñez Barbero*. Salamanca, España: Ediciones Universidad de Salamanca. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=_qi1P44Vay8C&pg=PA732&lp_g=PA732&dq=definicion+de+conducta+desviada+en+derecho&source=bl&ots=WaJfNUyJb2&sig=PNDTliyu97tsqtK6KvzpsGl3Mw&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEw-jA6N-KnJjPAhXn8YMKHdCeDsUQ6AEIVjAJ#v=onepage&q=definicion

Platón. (427). *La República*. Bogotá: Ediciones Universales.

Policía Nacional de Colombia. (s.f.). *Lineamientos generales de la política para la Policía Nacional de Colombia*.

Policía Nacional de Colombia, Dirección General Oficina de Planeación. (agosto de 2016). *Reglamento de Servicio de Policía*. Obtenido de http://www.policia.edu.co: http://www.policia.edu.co/documentos/doctrina/manuales_de_consulta/Reglamento%20del%20Servicio%20de%20Policia.pdf

Policía Nacional del Perú. (Noviembre de 2016). *Manual de Criminalística*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/Magelo/114078269-manualdecriminalistica>

Popper, K. (2003). *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.

Quiroz, A. (1961). *Proceso General del Distrito Federal*. *Revista Mexicana de Derecho Penal*.

Real Academia Española. (septiembre de 2016). <http://dle.rae.es/>. Obtenido de <http://dle.rae.es/>

Real Cedula de S.M. y Señores del Consejo. (1824). Madrid: Imprenta Real.

Rebollo, M. (6 de julio de 2014). *Panóptico Rojo. LA UNIÓN DE MORELOS*, pág. 11.

Restrepo, J. (2014). Criminología, un enfoque humanístico. Bogotá: TEMIS.

Reyes, C. (2009). Manual General para Operadores Jurídicos, Técnicas del Proceso Oral en el Sistema Penal Acusatorio Colombiano. USAID, Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

Rivera, I. (2005). Política criminal y sistema penal, viejas y nuevas racionalidades punitivas. Barcelona: Anthropos.

Roca-Balasch, J. (1 de Abril de 2013). Ciencias de la conducta. Objeto Material y Objeto Formal. Obtenido de <http://conductual.com/content/ciencias-de-la-conducta-objeto-material-y-objeto-formal>

Rodríguez, G. G. (1996). Metodología de la investigación Cualitativa. Aljibe.

Rodriguez, L. (1981). Criminología. Statewide Agricultural Land Use Baseline, 1. doi:<http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Samaja, J. (1994). Epistemología y Metodología: Elementos para una teoría de la Investigación científica. Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires - EUDEBA.

Sánchez, S. (2014). La conducta punible en el Derecho Penal colombiano: análisis del artículo 9 del Código Penal. (U. d. Norte, Ed.) Revista de Derecho (42), 1 - 64. doi:<http://dx.doi.org/10.14482/dere.42.554>

Santos, N. (1981). La policía secreta en el Imperio Romano. Historia 16(58), 78 - 84.

Secondat, C. L. (1747). El Espíritu de las leyes. Bogotá: Oveja Negra Ltda (1990).

Sentencia C-646, Expediente D-3238 (Sala Plena de la Corte Constitucional 20 de junio de 2001). Obtenido de <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2001/C-646-01.htm>

Servan, J.-M.-A. (1967). Discours sur L'Administration de la Justice Criminelle.

Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación Científica. México: Limusa, 4ª ed.

Tobergte, D. &. (2012). Archivos de criminología, criminalística y seguridad privada. Journal of Chemical Information and Modeling, 53. Tobón, C. (2008). INVESTIGACIONES FORENSES Y DERECHO, ¿REALIDAD O FICCIÓN?. Bogotá. Obtenido de <http://fer.uniremington.edu.co/ojs/index.php/PYP/article/view/47/58>

Trujillo, P. R. (2006). Metodología de la investigación criminal. Editorial Alfil, S.A. de C.V.

Universidad Camilo José Cela. (2010). El criminólogo del siglo XXI en España. Quadernos de Criminología (8), 34 - 37. Recuperado el julio 2015, de <https://issuu.com/matrix666/docs/qdc8>

Universidad del Bosque. (2006). Metodología de la investigación criminal ¿Qué es investigar? 1 - 3.

Vargas, E. (1942). Los cinco objetos de la investigación criminal lavado de dinero y activos. Bogotá: Tesis Doctoral Universidad Javeriana.

Veiga, J. M. (Enero/Marzo de 2012). Estado de sitio: la cultura de la violencia en el siglo XXI. Cui Prodest? San Vicente, Alicante: GAMMA.

Velásquez, F. (2011). Derecho Penal, parte general. Bogotá: Ediciones jurídicas Andrés Morales.

Villareal, H. (1969). Apuntes de Criminalística. México.

Vite, L. (2016). <https://www.uaeh.edu.mx>. (U. A. Hidalgo, Ed.) Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html>

Vives, S. S. (2008). Vivir o morir en Alicante. Publicaciones Universidad de Alicante.



INVESTIGACIÓN

FACTORES QUE INCIDEN EN LA NO JUDICIALIZACIÓN DE LA
EXPLOTACIÓN SEXUAL COMETIDA A TRAVÉS DE LAS REDES SOCIALES EN
COLOMBIA (2013-2015)

YEFRIN ALEXIS GARAVITO NAVARRO
Investigador Principal

Resumen

Este estudio identifica las diferentes perspectivas sobre aquellos factores que inciden en las dificultades para judicializar a los ciber-delinquentes, quienes aprovechan las redes sociales para cometer delitos contra la libertad, integridad y formación sexuales, que por su naturaleza se operacionalizan de forma distinta a un delito común. Esta investigación se llevó a cabo desde un enfoque cualitativo de diseño descriptivo, para ello se utilizó como técnica de obtención de información la conformación de un grupo focal integrado por expertos en este tema. De esta forma se abordan con profundidad las características que rodean los delitos sexuales cometidos mediante el uso de las redes sociales.

En el desarrollo de esta investigación se logró definir que los preceptos establecidos para legislar estos delitos son insuficientes dada la complejidad de los ciber-delitos, aunado a ello la dificultad que implica el desarrollo de los procedimientos que conciernen a la investigación de dichos comportamientos. De acuerdo a lo obtenido en el encuentro del grupo focal, existió coincidencia en aspectos sobre las necesidades en capacitación de los funcionarios que hacen parte de la administración de justicia, así como la necesidad de cooperación de las entidades privadas nacionales y extranjeras para la entrega oportuna y eficiente de la información que se requiere para una investigación de este tipo.

Palabras Claves: Explotación sexual, redes sociales, delitos informáticos, cibercrimen, seguridad informática

Abstract

This study identifies the different perspectives on those factors affecting the difficulties to prosecute cyber criminals who take advantage of social networks to commit crimes against freedom, integrity and sexual education, which by their nature are operationalized differently than a common crime. This research was conducted from a qualitative descriptive design approach, for it was used as a technique for obtaining information shaping a team of experts in this area focus group. Thus, are discussed in depth the characteristic surrounding sexual crimes commi-

tted by using social networks.

In the development of this research was obtained that the established precepts legislating these crimes are inadequate given the complexity of cybercrime, it coupled with the difficulty of developing procedures concerning the investigation of these behaviors. Faced with that obtained in the meeting focus group, there was agreement on aspects of the needs in training of officials who are part of the administration of justice and the need for cooperation of domestic and foreign private entities for the timely delivery and efficient information required for an investigation of this type.

Key words: Sexual exploitation, social networks, computer crime, cyber- crime, computer security

Introducción

De acuerdo con Álvarez & Pérez (2004), los sistemas de información presentan una complejidad dada la variedad en su dinámica para el aprovechamiento de las organizaciones actuales. Es así que estos cambios en las tecnologías de la información y las comunicaciones han impulsado a condicionar las entidades a ajustarse a estas transformaciones, los mercados y el mundo de la modernidad y de la posmodernidad. Todo ello de gran importancia por sus innegables ventajas, pero además han traído simultáneamente para las personas y las organizaciones una serie de amenazas, riesgos y espectros de incertidumbre en los escenarios de internet, intranet, desarrollo tecnológico, gestión de la información, la comunicación y los sistemas (Ojeda, Rincón, Arias, & Daza, 2010).

En los avances tecnológicos de la información y comunicación (TIC), existe gran variedad de innovación adoptada en los últimos años, que ha facilitado las nuevas modalidades y tendencias delictivas. Por ello Colombia ha implementado planes de acción para controlar el acceso a las redes mundiales, las cuales han sido insuficientes (Ojeda, Rincón, Arias, & Daza, 2010).

Este avance en materia tecnológica ha generado aportes positivos tales como apertura académica, formación educativa, acceso a la información etc., No obstante, ha sido la puerta para que delincuentes en materia informática también evolucionen introduciendo incansablemente no sólo nuevas formas de realizar tareas conocidas, sino también nuevas actividades, muchas de las cuales se manifiestan como antisociales y reprobables, en razón de interferir en la pacífica convivencia de los ciudadanos (Arocena, 2012).

Es por ello que han surgido nuevas tendencias delictivas que han encontrado espacios propicios en los distintos medios de comunicación electrónicos para desarrollar sus crímenes, como los pedófilos que buscan generar relaciones de confianza online con menores de edad, para luego aprovecharse de ellos hasta llegar a secuestrarlos o asesinarlos. Así mismo, estafadores, defraudadores, falsificadores, secuestradores, proxenetas, traficantes de armas, drogas, personas, pornografía, información, sicarios y terroristas que se agregan a esta tenebrosa lista que

utiliza el ciberespacio y las redes para multiplicar sus negocios, sus ilícitas ganancias y manifestaciones criminales (Arbeláez, 2011).

Dada la necesidad de ejercer control del Estado colombiano frente a las redes informáticas, en el año 2009 el Congreso expidió la Ley 1273, siendo pionero en Latinoamérica, en incluir nuevos tipos penales relacionados con delitos informáticos y la protección de la información y de los datos con penas de prisión de hasta 120 meses y multas de hasta 1500 salarios mínimos legales mensuales vigentes. Estos tipos penales se enfocaron en los delitos cometidos a través de medios electrónicos, de los cuales se pueden resaltar el acceso abusivo a un sistema informático (modificado del código penal); obstaculización ilegítima del sistema informático o red de telecomunicación; interceptación de datos informáticos; daño informático; uso de software malicioso; hurto por medios informáticos y semejantes; violación de datos personales; suplantación de sitios web para capturar datos personales y transferencia no consentida de activos. De acuerdo a Contreras (2003), los medios de comunicación en general han calificado estos hechos como “delitos modernos” y “delitos tecnológicos”.

Así mismo según el INHOPE (ente que regula las hotline en el mundo) en el 2013 se procesaron 54.969 denuncias por material con contenido de pornografía infantil. 10% de las víctimas eran menores de 8 años; 71% eran preadolescentes (9 a 12 años) y 19% adolescentes (mayores de 13 años). En Colombia a la fecha según el programa teprotejo.org se han logrado bloquear 2514 páginas web de pornografía infantil desde el 2012 a la fecha (EbroFoods, 2012).

Es por ello que la ciberdelincuencia requiere un trato especial en la atención frente a los demás delitos en cuanto a la investigación y ejecución de prueba; la falta de restricción en las actividades en internet y diferentes medios informáticos han permitido el detrimento de los bienes de las personas y de la Nación. Por ende, se debe estudiar constantemente el tratamiento de las diferentes naciones frente a estos delitos informáticos, las sanciones proporcionales de acuerdo al daño causado y las investigaciones que se llevan a cabo por parte de las autoridades encargadas de vigilar el comportamiento de las personas conforme a los lineamientos normativos (Cano, Diaz, Mendieta, Rivas, & Sanchez, 2014).

Al clasificar esta información se pueden obtener casos sin denunciar, especialmente los cometidos a través de redes sociales o mensajería instantánea, los cuales no están regulados en su totalidad, por ello la necesidad de exponer las perspectivas de esta problemática, desde la naturaleza que la diferencia del delito común, ya que los preceptos que han sido establecidos en la legislación actual, han sido insuficientes por las características adquiridas en estos fenómenos delictivos. Según Rico (2013) junto con los delitos informáticos y también como consecuencia del desarrollo de las TIC se encuentra en este caso, que se trata “de delitos tradicionales o nuevas conductas delictivas que se caracterizan por la utilización de Internet como medio para la comisión del hecho punible”.

Según la empresa protecciononline.com (2015) El sexting se ha convertido en un comportamiento practicado por el 40% de la población que fue encuestada en dicha investigación. En ella se manifiestan ciertas diferencias respecto del género en la recepción y envío de mensajes con contenido sexual, en dichos estudios se perciben semejanzas con los países de América Latina estudiados.

Sumado a lo anterior, las tendencias delictivas mediante el uso de las redes informáticas, se han incrementado en América Latina, donde existe una mayor percepción de inseguridad en un 20% por la posible extorsión, con relación a los riesgos a la intimididad (sexting), el 65% considera que está relacionado con la pornografía infantil, el 57% con el acoso en internet y el 34% con el ciber bullying.

Al lograr identificar cuáles son los factores que entorpecen las investigaciones de los delitos sexuales que son cometidos a través de las redes sociales, se puede realizar una propuesta para mejorar estas falencias y lograr identificar los factores tanto de la fiscalía como de los organismos de policía judicial; además de los factores presentados en las entidades del sector privado, dada su falta de colaboración oportuna y eficiente, que impiden el proceso de investigación y judicialización de los delitos sexuales que están siendo cometidos a través de las redes sociales externas.

De acuerdo con Álvarez & Pérez (2004), los sistemas de información

presentan una complejidad dada la variedad, amplitud de los sistemas de información que adquieren, requieren o encuentran disponibles las organizaciones actuales, junto con la dinámica del permanente cambio observado en las tecnologías de la información y las comunicaciones que se han impulsado de múltiples formas, condicionado las grandes transformaciones de las organizaciones, los mercados y el mundo de la modernidad y de la posmodernidad. Son cambios que, además de sus innegables ventajas, han traído simultáneamente para las personas y las organizaciones, amenazas, riesgos y espectros de incertidumbre en los escenarios de internet, intranet, desarrollo tecnológico, gestión de la información, la comunicación y los sistemas (Ojeda et al., 2010).

Sumado a lo anterior, recientemente se está protegiendo la información mediante el cifrado de extremo a extremo en las conversaciones, lo que ha generado un aislamiento entre las empresas prestadoras de estos servicios y los organismos estatales, es así que se produce la detención de Diego Dzodan, vicepresidente de Facebook, dueña de WhatsApp en América Latina, a quien se le solicitaba el contenido de la conversación de un grupo, además de datos incluidos en la geolocalización en el marco de un delito grave, mediante el cual se pretendía obtener pruebas que se utilizarían en una investigación sobre el crimen organizado (Peña, 2016).

Por lo anterior, es necesario verificar cuáles son los inconvenientes que se han generado para acceder tanto empresas extranjeras como proveedores de servicios de redes sociales en Colombia, con el soporte legal e integral de la prueba judicial que pueda ser usada en un juicio. De este modo identificar los factores que inciden en la generación de estrategias para su correcta judicialización, y por consiguiente reducir factores que impiden este procedimiento ante esta nueva tendencia delictiva.

CAPÍTULO I

1. Antecedentes

En la década de los años 60 en Alemania y en Estados Unidos, aparecieron los primeros artículos y publicaciones sobre casos conocidos de abusos informáticos, llamados sabotaje de programas informáticos, espionaje de datos informáticos e incluso como uso ilegal de sistemas informáticos, como nuevas manifestaciones de este fenómeno de la criminalidad informática. Por consiguiente los primeros estudios empíricos del delito informático se llevaron a cabo a partir de mediados de los años 70, aplicando métodos científicos de investigación criminológica, dichos delitos se relacionan principalmente a la comisión de actos de fraude (Manjarrés & Farid, 2012).

Así, inicialmente Tiedemann (1983) consideraba este fenómeno mediante la computación como una de las formas de criminalidad económicas neutrales; es decir, aquellas que surgen en cualquier sistema económico con independencia de la naturaleza del mismo, y por ello procede a su estudio como reflejo del delito económico, aludiendo a la parte de aquel que perjudica los intereses patrimoniales.

Los individuos que cometen los Delitos Informáticos, presentan habilidades para el manejo de los sistemas informáticos y generalmente por su situación laboral se encuentran en lugares estratégicos donde se maneja dicha información. Como resultado de todas estas acciones delictivas, un estudio realizado por PricewaterhouseCoopers y la firma neoyorquina Wilmer, Cutler & Pickering, (Global Crime Economic Survey 2003) (GCES), respecto a los delitos informáticos en Latinoamérica, compara otros delitos económicos en distintas áreas geográficas e indican que los delitos informáticos son el tercer delito más frecuente en dicho territorio (Mora, 2006).

Por consiguiente, los registros de delitos informáticos relacionados con la constitución política de Colombia, contemplan los avances tecnológicos y científicos y su injerencia en la vulneración de las libertades fundamentales. Por ello son generadas reformas que protegen los derechos a la inte-

gridad personal, intimidad, imagen y buen nombre, el derecho de rectificación y el derecho de información que plasma la visión informática de los derechos fundamentales según Quintero & Suarez (2012).

Esta disposición se justifica históricamente en el surgimiento de lo que se denomina el poder informático, conjugado con las infinitas posibilidades del manejo indiscriminado de los datos personales, frente a lo cual la jurisprudencia constitucional ha reconocido y protegido el derecho a la autodeterminación informática y el derecho al habeas data, que abarca desde el derecho a la libertad de información hasta el acceso, actualización, rectificación, bloqueo y cancelación de datos informáticos, electrónicos o telemáticos.

Para ilustrar mejor la panorámica nacional contemplada por los constituyentes, se presenta el ejemplo de Data Crédito, como entidad financiera que tiene información consignada en su poder, que podrá ser actualizada, rectificada o cancelada, sea cual fuere el formato en que esté recogida, almacenada, transmitida o difundida, es decir, en referencia a mecanismos manuales o informáticos.

La constitución política de Colombia contempla elementos como la confidencialidad de la información y la privacidad, sin embargo, a través de los delitos informáticos expertos en el tema los vulneran. Así mismo hacen parte del ejercicio del delincuente informático algunas actuaciones como la interceptación de los datos informáticos en su origen o destino, como las emisiones electromagnéticas, sin que medie orden judicial previa.

Esta conducta tipifica una de las modalidades: la más conocida, que es la interceptación del correo electrónico o e-mail, que también se constituye como una acción ilegal, daño informático, cuya conducta es originada por todas las personas que no se encuentren facultadas para ello o que destruyan, dañen, borren, deterioren, alteren o supriman datos informáticos, con un comportamiento intencional, provocando pérdida de la integridad del sistema (Quintero & Suarez, 2012).

De acuerdo a estudios realizados sobre el uso de internet y su utilización para la comisión de delitos, es este una red de redes, conocida en inglés como Web. Dicho sistema consiste en un conjunto de servidores

de información multimedia, conectados y accesibles sobre esta red de redes. Siendo la Web un sistema llamado maestro de diversas redes de computación en la cual ofrece una amplia gama de canales de enlace, entre los que se destacan, la comunicación escrita como el correo electrónico, la comunicación verbal mediante el contacto por teléfono, la comunicación visual como la tele conferencia en línea y la comunicación mediante foros de discusión (Mora, 2006).

Como segunda función está el medio de información, el cual puede compararse con una gran biblioteca, a cuya sala de lectura es posible ingresar desde cualquier computadora del mundo conectada al sistema e incluso permitir a los usuarios agregar información. En cuanto a la organización y funcionamiento de la red, se plantea como una organización no jerárquica, ya que todas las computadoras y sistemas de redes enlazadas al sistema poseen exactamente la misma capacidad de acceso a las informaciones y demás servicios que se ofrecen por este.

Otra característica propia del ciberespacio, como lo describe Mora (2006) es el sistema de auto regulación propio; ya que no cuenta con un órgano de control que regule su funcionamiento. En cambio, el sistema se regula desde el interior de sí mismo por medio del programa TCP /IP (Protocolo Control de Trasferencia, Protocolo de Internet, o Transfer Control Protocol / Internet Protocol) con el cual trabaja cada computadora enlazada al sistema.

Desde el nacimiento de internet se dinamizó el delito y el tipo de infracciones, desde los años setenta en Estados Unidos, cuando comenzaron a ser utilizadas las computadoras para el procesamiento de datos comerciales y contables; surgieron dos casos que tuvieron gran relevancia con delitos informáticos, uno de ellos se dio en la compañía Equity Funding Corporation of América (EFCA, 1973) y el Security Pacific Bank (Caso Rifkin, 1978), ambas perjudicadas gravemente en su economía debido a las pérdidas producidas por aproximadamente 2000 millones de dólares, por medio de fraudes en seguros, estafas, manejos ilícitos encubiertos por el personal; entre otros realizados mediante un sistema informatizado (Mora, 2006).

Los elementos del delito informático necesario para estudiar este tipo de conducta son el sujeto, el cual hace referencia al autor de la conducta ilícita o delictiva, el medio que hace referencia a los sujetos involucrados en la comisión de delitos informáticos que pueden ser de dos clases, uno es el sujeto activo y el otro es el sujeto pasivo. Los sujetos activos, son los delincuentes que tienen las habilidades para el manejo de los sistemas informáticos y electrónicos (Acuario del Pino, 2005).

Dentro de ese contexto, los sujetos Pasivos, son a quienes se les comete el delito, es decir, es sobre quien recae la conducta de acción u omisión que realiza el sujeto activo por ser en otras palabras el autor intelectual, al hablar de delitos informáticos pueden ser individuos, instituciones, gobiernos, entre otros. El sujeto activo del delito, lo constituye la persona física que con su conducta produce el resultado lesivo para el pasivo, lesionando o poniendo en peligro el bien jurídicamente tutelado, ahora bien, en los delitos informáticos y electrónicos las personas que los cometen, se encuentran en lugares estratégicos donde se maneja la información de carácter sensible (Bramonto, 1997).

Con el tiempo se ha podido comprobar que los autores de los delitos informáticos son muy diversos y que lo que los diferencia entre sí, es la naturaleza de los delitos cometidos, por ejemplo, la persona que entra en un sistema informático sin intenciones delictivas es muy diferente del empleado de una institución financiera que manipula los fondos de las cuentas de los clientes o del propio banco. Sin embargo, teniendo en cuenta las características mencionadas de las personas que cometen estos ilícitos, estudiosos de la materia los han catalogado como delincuentes de cuello blanco, es decir, que las conductas no están tipificadas en los ordenamientos jurídicos (Lindenmeyer, 2001).

Debido a lo anterior, es difícil conocer la magnitud de estos ilícitos, ya que la mayor parte de ellos no son descubiertos o no son denunciados a las autoridades competentes y aunado a ello la falta de una adecuada legislación que proteja a las víctimas de estos delitos (Acuario, 2005).

En complemento a lo anterior, se pueden mencionar los estudios realizados a través del tiempo, referentes a las transformaciones de los delitos informáticos, tanto de los beneficios que se obtienen de ellos,

como los numerosos riesgos que derivan de esta dinámica, no solo para el patrimonio de las personas sino también, al generar abundante información en poco tiempo y en un espacio muy reducido para la esfera privada del individuo. En los últimos 30 años el Derecho Penal ha debatido acerca de establecer medidas para contrarrestar esta criminalidad informática, y las legislaciones se han enfrentado a problemas dogmáticos y de política criminal para definirlo como delito y de incorporarlo en sus legislaciones penales (Al-Bugharbee & Trendafilova, 2016).

Durante los inicios de la década de los 90, se hablaba de manipulaciones informáticas, las cuales representaban una amenaza en la economía y se mencionaba en las estafas y falsificaciones de documentos, manipulaciones de programas, como también la maniobras en espionaje y sabotaje de datos. Pero por la falta de legislación no se tomaban en cuenta, para este caso se puede caer en el error de tipo, el cual se alude a casos en que el sujeto realiza los elementos objetivos de un tipo penal, pero sin saberlo, es decir, obra con desconocimiento de todos o de alguno de los elementos del tipo objetivo, esto es porque el autor debe conocer los elementos objetivos integrantes del tipo de injusto.

Igualmente, según Paloma (2012), los delitos informáticos son estudiados desde diferentes conceptos tales como:

Conductas criminales de cuello blanco (White collar crime), en tanto que sólo un determinado número de personas con ciertos conocimientos (en este caso técnicos) pueden llegar a cometerlas.

Acciones ocupacionales, ya que usualmente se realizan cuando el sujeto está trabajando.

Acciones de oportunidad, ya que se utiliza una ocasión creada, buscada o altamente intensificada en el mundo de funciones y organizaciones del sistema tecnológico y económico.

Provocan serias pérdidas económicas, produciendo beneficios económicos al autor.

Permite el manejo de tiempo y espacio, ya que en milésimas de segun-

do y sin una necesaria presencia física o trabajo desgastante, pueden llegar a consumarse.

Son muchos los casos y pocas las denuncias, y todo ello debido a la misma falta de regulación por parte de las legislaciones en cada país.

Son muy novedosos, sofisticados y relativamente frecuentes en el ámbito militar, presentan dificultades para su comprobación, esto por su mismo carácter técnico.

En su mayoría son imprudenciales y no necesariamente se cometen con intención.

Ofrecen facilidades para su comisión a los menores de edad mientras posean la habilidad.

Tienden a proliferar y más en la época de tecnología en la actualidad, por lo que requieren una urgente regulación.

Por el momento siguen siendo ilícitos impunes de manera manifiesta ante la ley. Los delitos informáticos son clasificados de acuerdo a diferentes criterios, como instrumento o medio, el cual hace referencia a las conductas criminales que se valen de las computadoras como método, medio o símbolo en la comisión del ilícito, por ejemplo, la falsificación de documentos vía computarizada (tarjetas de crédito, cheques, etc.), la variación de los activos y pasivos en la situación contable de las empresas, el planeamiento y simulación de delitos convencionales (robo, homicidio, fraude, etc.), la lectura, sustracción o copiado de información confidencial de cualquier aparato informático. Modificación de datos tanto en la entrada como en la salida, aprovechamiento indebido o violación de un código para penetrar a un sistema introduciendo instrucciones inapropiadas, entre otros.

Como se mencionó, las conductas son variadas y aun así no se tienen en cuenta en el universo de la ley, se encuentran también en la variación en cuanto al destino de pequeñas cantidades de dinero hacia una cuenta bancaria ficticia, el uso no autorizado de programas de cómputo, la introducción de instrucciones que provocan interrupciones en los pro-

gramas, la alteración en el funcionamiento de los sistemas, a través de los virus informáticos, la obtención de información residual impresa en papel luego de la ejecución de trabajos, el acceso a áreas informatizadas en forma no autorizada, la intervención en las líneas de comunicación de datos o teleproceso.

Por consiguiente, existen diversos tipos de delito que pueden ser cometidos y que se encuentran ligados directamente a acciones efectuadas contra los propios sistemas, como:

- a) Acceso no autorizado: uso indebido e ilegítimo de passwords y la entrada de un sistema informático sin la autorización del propietario.
- b) Destrucción de datos: los daños causados en la red mediante la introducción de virus, bombas entre otros.
- c) Infracción al copyright de bases de datos: el cual implica el uso no autorizado de información almacenada en una base de datos.
- d) Interceptación de e-mail: lectura de un mensaje electrónico ajeno.
- e) Estafas electrónicas: a través de compras realizadas haciendo uso de la red
- f) Transferencias de fondos: engaños en la realización de este tipo de transacciones (Lindenmeyer, 2001).

Como también la red Internet permite dar soporte para la comisión de otro tipo de delitos que si se plasman en la ley como lo son:

- a) El Espionaje: que hace referencia al acceso no autorizado a sistemas informáticos gubernamentales y de grandes empresas e interceptación de correos electrónicos.

b) Terrorismo: que es utilizado por medio de mensajes anónimos aprovechados por grupos terroristas para remitirse consignas y planes de actuación en el ámbito internacional.

c) Narcotráfico: el cual implica la transmisión de fórmulas para la fabricación de estupefacientes, para el blanqueo de dinero y para la coordinación de entregas y recogidas, entre otros delitos como la pornografía infantil.

En ese entendido, las investigaciones realizadas a las necesidades de la legislación en delitos informáticos, que por su relación al inadecuado uso de la internet, se puede hacer énfasis en la siguiente apreciación: las Nuevas Tecnologías son consideradas elementos fundamentales de la etapa final del siglo XX, caracterizado por enormes avances e innumerables impactos en diversos ámbitos de la vida del hombre, pero la tecnología no es necesariamente equivalente a una mayor calidad de vida, pues ha pasado a constituirse de forma exigente como un requisito para estar al día y ser competitivo en el campo laboral (Trujano, Dorantes, & Tovilla, 2009).

De acuerdo con González (2006), citado por Trujano (2009, pág. 65), en la actualidad ha tenido gran impacto la globalización en la juventud, dada la necesidad del uso de teléfonos móviles, tabletas con servicio de internet que se han constituido como un sistema natural para mantener una interrelación en el trabajo, estudio o grupos sociales. Además, es utilizado para buscar nuevas amistades que compartan las mismas ideas, buscar información académica o laboral y desarrollo de su propio sistema socio cultural. Todo ello ha generado el surgimiento de alertas por este nuevo ecosistema tecnológico tales como los screenagers, su connotación inglesa se refiere a aquellas personas que destinan gran parte de su vida a estar inmersos en un sistema informático. Otra de las dificultades es el rezago de las personas que no tienen la posibilidad de acceder a este tipo de medios, denominado brecha digital.

Cabe señalar que la interactividad de la cibercultura no siempre supone un vínculo respetuoso, dado que entre las nuevas posibilidades de enlace se encuentra también la diada violencia-internet. De esta manera, aparece el fenómeno de la violencia, entendida como el conjunto de

acciones y conductas, ya sea por omisión o realización, con la finalidad de ejercer poder y control, dañando u obstaculizando la igualdad o equidad en una estructura de orden social a través de medios informáticos.

La violencia presente en la web puede ser física, psicológica, sexual, económica, y social; todas estas modalidades se presentan en diferentes escenarios que se ven atacados por grupos o individuos que están manejando ventajosamente el anonimato y la inmediatez de compartir información, además de la comunicación en masa que ofrece la red. El área social es la más afectada, en donde se evidencian delitos como el terrorismo en internet, algunas de sus justificaciones han sido religiosas, económicas y políticas, entre otras.

En cuanto a los antecedentes de los delitos informáticos relacionados con el origen de las redes sociales, se tiene que la historia de las aplicaciones sociales tiene su comienzo en la crisis informática del año 2003, donde casi todas las empresas de los mercados financieros se declaraban en quiebra y cerraban sus portales de internet por la falta de visitas. Son entonces los usuarios los que cobran protagonismo, inspirados en la mensajería instantánea y en la proliferación de los foros de discusión, es así que tres norteamericanos crean en ese momento empresas destinadas a que los internautas puedan hablar entre ellos y conocerse mejor y curiosamente, los tres estaban relacionados entre sí a través de una de sus compañías, Friendster en la que todos intervinieron. Se trata de Marc Pincus, Reid Hoffman y Jonathan Abrams que ponen en marcha respectivamente Tribe.net, Linkendin y Friendster, las tres primeras redes sociales de Internet. Sea como fuere, en este año 2003 comienza la recuperación de la economía digital, al mismo tiempo que estas tres redes sociales empiezan a incrementar su número de usuarios. Una de ellas, Friendster, se haría famosa ese mismo año a raíz de las elecciones generales primarias en Estados Unidos, ya que alguno de los candidatos la empleó intensamente en su campaña. El tráfico se incrementó de tal forma que los servidores no aguantaron y se tuvieron que tomar nuevas medidas tecnológicas (Márquez, 2009).

Los usos principales de las Redes Sociales son varios, donde los perfiles de los usuarios en cuanto a nivel cultural, sociológico, geográfico, entre

otros influyen; sin embargo, cualquier usuario converge en la necesidad de interactuar con otra gran masa de internautas a los que se quiere sentir psicológicamente unido. Por ejemplo, de esas necesidades motivacionales se pueden mencionar el mantenimiento de amistades, la creación de las mismas, el entretenimiento, interacciones que requieren de una constante atención y control (Márquez, 2009).

Así mismo como lo mencionan Naranjo y Rincón (2015) en sus estudios, en los antecedentes de delitos informáticos que no existen ciberdelitos, aduciendo que existen delitos, con la excusa de los ciberdelitos y el ciber terrorismo, algunos gobiernos y corporaciones hacen propuestas para legislar en favor de la aplicación de regímenes jurídicos de control más estrictos sobre toda la ciudadanía. La utilización de nuevas tecnologías para secuestros y atentados (sean teléfonos celulares, páginas web o correo electrónico) es parte del cambio actual por la tecnología, pero pretender instaurar un régimen de control sobre las comunicaciones de toda la ciudadanía en nombre de la ciberseguridad es una violación a los derechos humanos.

La ONU considera que sí existen delitos informáticos y ha emitido una serie de documentos clasificándolos en distintos tipos como fraude, falsificación y sabotaje. Al menos así lo indica el documento presentado en el marco del Décimo Congreso de las Naciones Unidas sobre Prevención del Delito y Tratamiento del Delincuente, Viena, abril de 2000. Esos documentos de Naciones Unidas indican que las computadoras y las redes pueden ser objeto a la vez de uso legítimo y de uso ilícito, se impone la conclusión que entre quienes exploran las oportunidades del nuevo medio, hay personas y grupos impulsados por motivos delictivos y deben responder por ello, pero no está tipificado.

La ONU expresa que por delito cibernético se entiende todo delito que puede cometerse por medio de un sistema o una red informática, en un sistema o una red informática o contra un sistema o una red informática. En principio, el concepto abarca todo delito que puede cometerse en un medio electrónico. En este marco, la palabra delito denota formas de comportamiento generalmente definidas como ilegales o que probablemente serán declaradas ilegales en breve plazo.

Entre las especificaciones que plantea la ONU aparecen dos subcategorías de delitos informáticos, refiriéndose al delito informático, que contempla todo comportamiento ilícito que se valga de operaciones electrónicas para atentar contra la seguridad de los sistemas informáticos, y los datos procesados por ellos y al delito cibernético como todo delito relacionado con computadoras, que incluye todo procedimiento ilícito realizado por medio de un sistema o una red informática o relacionada, incluidos los delitos como la posesión, el ofrecimiento o distribución ilegales de información por medio de un sistema o redes.

Según Gallardo (2005), menciona que la dinámica del delito de acoso sexual infantil a través de la WEB, alude a la preparación de algo, aunque en el ámbito de la pedofilia suele asociarse a toda acción que tenga por objetivo socavar moral o psicológicamente a un niño, niña y/o adolescente con el fin de conseguir control emocional para un posterior abuso sexual, por lo que se trata entonces de un supuesto de acoso sexual infantil (Peña, 2014).

Las nuevas tecnologías juegan un papel importante en la medida que facilitan la interacción comunicacional de un adulto con un menor con fines sexuales y abusivos. Linares (2012) apunta que el término “Grooming” comenzó a usarse en la literatura dedicada al estudio criminológico y psicológico de los delincuentes sexuales para describir los comportamientos del “depredador sexual” llevados a cabo en la primera fase del abuso, en la que el pedófilo trata de ganarse la confianza del menor y de acceder a información esencial sobre él para la posterior consumación del abuso sexual.

Sin embargo ese tipo de contacto aún no es delito sino hasta que se efectuó el abuso como tal, se debe partir que el acoso sexual es el comportamiento, propósito, gesto, contacto, o cualquier acercamiento sexual no deseado, susceptible de disgustar o humillar a una persona aprovechándose de tales circunstancias para hacerle requerimientos de favores sexuales o cualquier otra conducta verbal o física de naturaleza sexual, se puede considerar este tipo de conducta sexual con la permitida a nivel virtual.

Las características del acoso sexual son de carácter unilateral, nacen de forma anónima y se propagan rápidamente. Es una situación desigual, de indefensión para la víctima. Expresa diferencia de poder (desequili-

brio de fuerzas), entre el más fuerte y el más débil. En suma, para que se desarrolle el acoso es necesaria la presencia de dos partes implicadas, denominadas como el acosador que es el personaje activo con su nueva cara de Internet y la víctima.

1.1 Justificación

Al lograr identificar cuáles son los factores que entorpecen las investigaciones de los delitos contra la libertad, integridad y formación sexual en cuanto a la explotación sexual, cometidos a través de las redes sociales, se puede construir una propuesta para reducir estas falencias y lograr identificar dichos elementos que pueden ser de tipo tecnológico, jurídico o procedimental, tanto de la fiscalía como de los organismos de policía judicial, además de situaciones que dilatan o entorpecen el proceso investigativo por parte del sector privado, por falta de una oportuna y eficiente colaboración en la información solicitada como elementos materiales probatorios.

Por lo tanto, es necesario analizar el posible surgimiento de dificultades dogmáticas y teóricas que impiden la judicialización de estos delitos que no se encuentran tipificados como delitos informáticos, pero que se comenten a través de las redes e internet. Esto sumado a las complejidades para obtener la información de manera oportuna por parte de las empresas proveedoras de redes sociales, y que se requiere como soporte legal para su determinación en un juicio oral.

Con esta investigación, se permitirá conocer aquellas situaciones técnicas, procedimentales y legales que impiden, dilatan u obstaculizan el proceso investigativo en casos de explotación sexual a través de las redes informáticas, por lo que es pertinente para los usuarios de internet que, de acuerdo al boletín de las tecnologías de la información y comunicaciones en Colombia, para el primer trimestre de 2016, se alcanzaron 13,7 millones de conexiones a Internet, Acceso que tienen las empresas, familias, niños, niñas y adolescentes.

Según un estudio de Pew Internet (2013), el 12 por ciento de los usuarios de la Red ha sido espiado o acosado por este medio, quienes en su mayoría son mujeres adolescentes que comparten fotos sensuales

posiblemente con el fin de recibir aprobación o de sentirse bonitas y terminan en muchos casos siendo acosadas. Es por ello la necesidad de una atención rápida oportuna y eficiente, contando con las herramientas técnicas, procedimentales y jurídicas para una atención oportuna.

En consecuencia, los resultados obtenidos, serán útiles para determinar estos factores y generar alternativas procedimentales, técnicas y tecnológicas, en aras de proteger y atender de manera oportuna y técnica, aquellos casos que afecten la libertad, integridad y formación sexual de los colombianos, los cuales puedan ser implementados por los investigadores y fiscales en todo el territorio nacional.

Por otra parte, esta investigación pretende contribuir como aporte institucional en la Policía Nacional, donde los avances tecnológicos que vienen surgiendo exponencialmente en el mundo, y por ende en Colombia. Teniendo en cuenta que es la Policía Nacional de Colombia, a través de la Dirección de Investigación Criminal quien recepciona diariamente denuncias con este tipo de delitos, y que deben darse la celeridad para recolectar, embalar y presentar en juicio la evidencia digital obtenida en este procedimiento técnico, el cual debe ser avalado y valorado por los estrados judiciales.

1.2 Planteamiento del problema

Es necesario verificar cuales son los inconvenientes que se han generado para acceder, tanto empresas extranjeras como proveedores de servicios de redes sociales en Colombia, con el soporte legal e integral de la prueba judicial que pueda ser usada en un juicio. De este modo identificar las causas que inciden en la generación de estrategias para su correcta judicialización y por consiguiente reducir factores que impiden este procedimiento ante esta nueva tendencia delictiva.

1.3 Objetivo general

Identificar los factores que impiden la judicialización de los delitos que afectan la libertad, integridad y formación sexual cometidos a través de las redes sociales en Colombia durante el periodo 2013 - 2015.

Objetivos específicos

1. Definir los delitos que afectan la libertad, integridad y formación sexual con mayor cantidad de denuncias en Colombia, cometidos a través de las redes sociales.
2. Categorizar los factores internos y externos a los organismos de investigación que impiden avanzar en la judicialización de los delitos sexuales cometidos a través de redes sociales.
3. Proponer una estrategia para agilizar la correcta judicialización de los responsables de los delitos que afectan la libertad, integridad y formación sexual cometidos a través de redes sociales.

CAPÍTULO III

2. Marco teórico

2.1 Evolución tecnológica en las comunicaciones

Con la evolución tecnológica en las comunicaciones, estas se hacen cada día más asequibles en el mundo, razón por la cual la sociedad se encuentra a merced de los delitos en la red. Los riesgos que conlleva el ser víctima de alguno de ellos pueden ser desde algo mínimo hasta situaciones de afectación a infraestructuras gubernamentales o privadas. Es necesario, para las personas que tienen conocimiento del mundo de la computación, preocuparse por los sistemas de seguridad para los usuarios y buscar diferentes estrategias para la protección contra este tipo de acciones que deben ser sancionadas por el derecho penal (Cruzado, 2011).

Como se demuestra en la tabla 1, en los reportes de las modalidades delictivas, estas han tenido un incremento significativo entre los años 2013 al 2015, sumado a ello que estas no representan todos los casos, ya que siguen existiendo sub-registros en este comportamiento delictivo por diferentes factores familiares e institucionales.

Tabla 1. Reportes de modalidades delictivas mediante el uso de las redes informáticas a nivel Nacional

Modalidades	2013	2014	2015
Sexting	25	41	63
Cyber bullying	13	216	259
Sextorsión	9	111	188
Grooming	5	26	72

Fuente: Elaboración propia con información del Centro cibernético Policial de la Dirección de Investigación Criminal (2016)

En la tabla 2 se puede analizar el incremento en cuanto a los delitos denunciados al Centro Cibernético Policial de la Dirección de investigación Criminal

(DIJIN), con un comportamiento ascendente en los delitos que se enmarcan dentro del contexto de la explotación sexual.

Tabla 2. Delitos denunciados enmarcados dentro de la Explotación sexual. A Nivel Nacional.

Artículos	2014	2015
Artículo 210. Acoso sexual.	433	398
Artículo 213. Inducción a la prostitución.	137	128
Artículo 213-A. Proxenetismo con menor de 14 años.	38	45
Artículo 214. Constreñimiento a la prostitución.	9	34
Artículo 217-A. Demanda de explotación sexual comercial con persona menor de 18 años de edad.	58	46
Artículo 218. Pornografía con menores	165	1.017
Artículo 219 A. utilización o facilitación de medios de comunicación para ofrecer servicios sexuales de menores	37	59
TOTAL	877	1727

Fuente: Elaboración propia con información del Centro cibernético Policial de la DIJIN (2016).

En la tabla 3 el comportamiento de las capturas de los delitos de explotación sexual; se observa que no han sido eficaces las medidas adoptadas en materia de policía judicial o normativa, toda vez que los índices se mantienen, pero hacia abajo, demostrando que existen gran cantidad de reportes, menos denuncias y muy pocas capturas.

Tabla 3. Capturas efectuadas por los delitos de explotación sexual a Nivel Nacional

Artículos	2014	2015
Artículo 210 A. Acoso sexual.	128	119
Artículo 213. Inducción a la prostitución.	23	24
Artículo 213-A. Proxenetismo con menor de 14 años.	41	29
Artículo 214. Constreñimiento a la prostitución.	0	1
Artículo 217-A. Demanda de explotación sexual comercial con persona menor de 18 años de edad.	25	40
Artículo 218. Pornografía con menores	14	26
Artículo 219 A. Utilización o facilitación de medios de comunicación para ofrecer servicios sexuales de menores	2	8
TOTAL	231	247

Fuente: Centro cibernético Policial de la Dirección de Investigación Criminal (2016)

2.3. Delito informático.

En el proceso de evolución de las ciencias, como parte de la dinámica del cambio natural, social o tecnológico, entre muchos otros, cuando se conocen nuevos fenómenos, su interpretación o su tratamiento generan controversias que resultan de su confrontación con los paradigmas vigentes, las formas de pensamiento o los sistemas reconocidos, para que puedan ser aceptados dentro del cuerpo de los saberes convencionales, o de las normas o tradiciones colectivas. (Ojeda et al., 2010).

2.4. Clasificación.

De acuerdo con Cruzado (2011), las acciones legales en contra de esta nueva versión de delincuencia, se pueden dividir estas categorías de crímenes en dos grupos:

Como fin u objetivo: estos crímenes cumplen su objetivo en redes de computadoras, por ejemplo, con la instalación de software malicioso como códigos, gusanos y spam, cuyo fin es el ataque masivo a servidores de Internet y generación de virus.

Como instrumento o medio: se trata de crímenes realizados por medio de ordenadores y de Internet, por ejemplo espionaje, fraude y robo, pornografía infantil, pedofilia, etc.

3. Marco conceptual

Al tratar de conceptualizar los delitos informáticos y su relación con los delitos contra la libertad, integridad y formación sexual, sus acciones se han valido de la nueva realidad tecnológica que hace parte del entorno social, cultural, económico y jurídico, los cuales deben ser controlados por el Estado a fin de intervenir activamente en la prevención y sanción de los delitos, analizando sus causas y consecuencias; su necesidad radica en el incremento de estas conductas desviadas y delictuosas que afectan a los niños, niñas y adolescentes de Colombia, que son motivadas por factores implícitos en el ambiente donde nace y se desarrolla el ser humano (Peña, 2014).

De otra parte, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), son de suma necesidad en los espacios académicos y sociales, ya que han sido admitidas en Colombia para mantener una interconexión y desarrollo a la par de los países desarrollados, es por ello que dada su necesidad, es necesario contar con los mecanismos de control ante potenciales peligros para adultos y principalmente niños, niñas y adolescentes como posibles víctimas. Es así que dada la falta de capacidad y suficiencia para discernir las verdaderas intenciones de las personas con quienes se mantienen relaciones virtuales, se deben adoptar mecanismos para entender y conocer las verdaderas dimensiones y ventajas que tienen los ciberdelincuentes al contar con capacidades para el uso del internet y las computadoras (Peña, 2014).

Por lo tanto, los avances tecnológicos han demostrado que seguirán avanzando de manera desproporcional, llegando a tener acceso al internet 8 de cada 10 colombianos, es decir el 80 por ciento, con un crecimiento del 17% desde el 2010. Además, que de ese porcentaje el 54% utilizan de forma diaria este sistema. Como lo menciona el ministro de las TIC, Diego Molano Vega, La penetración de Internet va en aumento y los colombianos lo usan cada vez más, esto lo demuestra la última encuesta de consumo digital. Más colombianos se comunican, estudian y se entretienen, lo que implica el cumplimiento de las metas de vive digital, llevando más oportunidades a los colombianos (MinTIC, 2016).

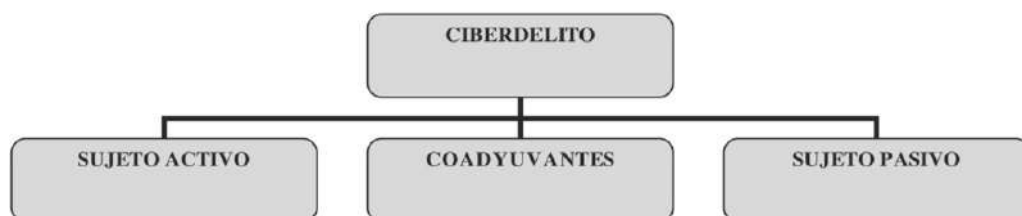
De acuerdo con la caracterización de delitos informáticos, tanto por el medio utilizado, como por el objeto sobre el que recae el ataque así como de los comportamientos delictivos realizados a través de procesos electrónicos y otros delitos tradicionales que recaen sobre bienes que presentaban una configuración específica en la actividad informática, o bien sobre nuevos objetos como el hardware y el software, difícilmente podía decirse que los tipos que la conformaban tuvieran problemas dogmáticos idénticos o distintos a los de otras figuras delictivas. Tampoco la doctrina se empeñaba en buscar algún tipo de identidad de bienes jurídicos en todos los delitos económicos, como la intimidad o la libertad sexual, y otros bienes supraindividuales o difusos (Miro, 2012).

Por lo anterior el Estado ha incursionado en la investigación forense

digital, la cual se refiere a la utilización de la ciencia y la tecnología en el proceso de investigación de la escena del crimen con el fin de maximizar la eficacia de la prueba, en contra del autor que haya cometido el crimen ante un tribunal de justicia. Las evidencias son consideradas como la piedra angular de cualquier procedimiento de investigación, escena del crimen (CSI), incluyendo los relacionados con delitos cibernéticos.

Al realizar una adecuada recolección de elementos materiales probatorios, basados en la evidencia digital, es vital en casos forenses cuyos resultados tienen que concluirse en un plazo de tiempo especificado. No hacer esto puede dar lugar a la impunidad, lo cual es un problema importante en la ciencia forense digital (Gupta, Kalaimannan, & Yoo, 2016).

Figura 1 Ciber delito y sus actores



Fuente: Subijana (2008)

Como se muestra en la figura 1, la comisión de un ciber delito suele producirse en el marco de una relación cuadrangular.

El sujeto activo de quien parte la acción de insertar en la red una información destructiva o un dispositivo pernicioso, la cual utiliza para tal fin un ordenador. De otro lado los coadyuvantes no intencionados, que son el proveedor de servicios de Internet que conectará al usuario a través de la línea telefónica a Internet y el servidor de web en el que se aloja, en un disco duro, la información destructiva o el dispositivo pernicioso en que se materializa la acción antijurídica. Este servidor puede coincidir con el proveedor de servicios de Internet. El sujeto pasivo del delito, que es quien padece los daños derivados de la información destructiva o el dispositivo pernicioso y que, en muchas ocasiones, es indeterminado, desconocido e internacional (Subijana, 2008).

3.1. Phishing.

Esta es una técnica utilizada para captar datos bancarios de los usuarios a través de la utilización de la imagen de la entidad bancaria, por lo anterior es fundamental sospechar de aquellos correos electrónicos que soliciten información de carácter bancario con urgencia, por ello cuando se faciliten datos bancarios a través de Internet debe comprobarse que se trata de páginas web con protocolos de seguridad válidos. El phishing es una técnica de captación ilícita de datos personales (principalmente relacionados con claves para el acceso a servicios bancarios y financieros) a través de correos electrónicos o páginas web que imitan/copian la imagen o apariencia de una entidad bancaria/financiera (Cerrada, 2016).

Por consiguiente, corresponde a los expertos identificar a los actores de estas conductas contra la sociedad mediante el uso de las computadoras y su interconexión, que han dado lugar a un fenómeno de nuevas dimensiones: el delito fomentado mediante el uso del computador.

3.3. Grooming.

El anglicismo Grooming, proviene del vocablo Groom, que alude a la preparación de algo, aunque en el ámbito de la pedofilia suele asociarse a toda acción que tenga por objetivo minar o socavar moral o psicológicamente a un niño, niña y/o adolescente con el fin de conseguir su control a nivel emocional para un posterior abuso sexual, por lo que se trata entonces de un supuesto de acoso sexual infantil. En consecuencia a estas nuevas modalidades delictivas, se tiene que el Grooming es como un conjunto de estrategias que una persona adulta desarrolla para ganarse la confianza del menor, a través de Internet con el fin último de obtener concesiones de índole sexual. La situación de Grooming puede estar íntimamente relacionada con la extorsión. Así, si los contenidos de un menor haciendo SEXTING, llegan a manos de un adulto malintencionado que decide utilizarlos para amenazarlo con su publicación, obligar al menor a enviarle más contenidos de carácter sexual, o incluso encuentros físicos, es por ello que en este caso concursa con otros delitos como la extorsión y el chantaje (Ernesto & Labrin, 2014).

Así mismo, que las jóvenes han fomentado el incluir imágenes sensuales y eróticas, las cuales llaman la atención de los depredadores sexuales que se

encuentran en las redes al asecho de jóvenes y niñas ingenuas, las cuales son preferentes para sus prácticas de acoso sexual (Peña, 2014). En este escenario, adquiere preponderancia la figura del denominado Ciberacoso infantil o Grooming, también denominado acoso sexual por internet, que en términos simples, su denominación alude principalmente al conjunto de “acciones desplegadas por un adulto, para tomar contacto con un niño, a través de cualquier medio tecnológico con el objeto de entablar una relación o crear una conexión emocional con él, ganarse su confianza, disminuir sus inhibiciones y finalmente determinarlo para involucrarse en situaciones de carácter sexual”.

Esta situación se ha venido presentando dada la condición de debilidad, inmadurez e inexperiencia con que los niños, niñas y adolescentes “enfrentan” al mundo exterior, por ello la necesidad de interponer a la familia, comunidad, sociedad y al Estado, la obligación de asistir oportunamente en todos los casos en forma preventiva y reactiva, en aras de proteger al niño para garantizar tanto su desarrollo normal y sano en los aspectos biológico, físico, intelectual, familiar y social, como la promoción y preservación de sus derechos (Miranda et al., 2016).

Facebook y WhatsApp, han sido los principales programas para captar niños, niñas y adolescentes, con la modalidad de ganarse la confianza para luego incitarlos a que se muestren desnudos (as) o se tomen fotografías adoptando poses insinuantes a la pornografía. Esta situación ha tenido incidencia en la expansión del uso de computadores y celulares conectados a las redes telemáticas (Peña, 2016).

Por ende, estos comportamientos delictivos que surgen por los avances tecnológicos como técnicas actualizadas, usadas por los pedófilos para tratar de contactar a sus potenciales víctimas, para atentar a distancia y satisfacer sus necesidades con el confort del anonimato (Concejalía de Bienestar Social y Sanidad, 2014).

De esta forma Torres González aduce que “es una realidad que se ha propagado rápidamente entre nosotros. La irrupción de las nuevas tecnologías y el acceso masivo a la red Internet han permitido la proliferación de conductas tendientes a contactar a menores de edad para involucrarlos en situaciones que atentan contra su libertad sexual” (Torres, 2010).

Adicional a lo anterior, se habla de la denominada: Criminalidad Globalizada, en la cual se presentan actualmente numerosos casos, como los mencionados que presentan estas características y que son denunciados por la prensa a diario, en tal sentido es necesario adaptar las normas de fondo a la utilización de herramientas informáticas para combatir estos delitos, donde el legislador nacional debe reconocer la velocidad de la innovación de las redes.

Dentro de las etapas de Grooming, inicialmente el acosador al contactar a un menor genera lazos de amistad fingiendo ser un niño o niña. Si el contacto es a través de un programa de conversación o red social, el adulto utilizará iconos y modismos infantiles y/o adolescentes, seguidamente, el acosador obtiene información clave de la víctima del Grooming. En este período, el menor suele comentar en qué ciudad reside, la escuela a la que asiste, número telefónico de su móvil y la dirección domiciliaria, entre otras informaciones personales. En la segunda fase viene la provocación, donde el abusador comienza a dirigir las conversaciones a temas sobre sexo e incluso envía a través de los programas de mensajería tipo Messenger o similares imágenes pornográficas.

Una vez logradas las dos etapas anteriores, mediante seducción, el acosador buscará conseguir que el menor realice diversas acciones frente a la webcam del computador, el abusador pide al menor que realice la masturbación delante de la cámara web o que se haga unas fotografías mientras la realiza y que las envíe por correo electrónico, con la grabación o las fotografías en su poder finalmente toma el control, tipificado en Colombia como pornografía con personas menores a 18 años, el cual se encuentra relacionando con delitos informáticos (Ernesto & Labrin, 2014).

3.4. Sexting.

Este comportamiento consiste en el envío de contenidos de tipo sexual (principalmente fotografías y/o videos), producidos generalmente por el propio remitente, a otras personas por medio de teléfonos móviles. Hoy en día innumerables personas de toda edad cuelgan imágenes sugerentes a las redes sociales, como parte de la interactividad informática del presente (Pantallas amigas, 2016).

Dicho comportamiento generalmente puede dar a lugar al chantaje, el cual consiste en amenazar la reputación y el buen nombre de alguien para conseguir alguna pretensión, con amenazas de divulgación de las imágenes o videos, con fines de obtener algún provecho pecuniario o material de alguien u obligarlo a actuar de una determinada manera.

3.5. Ciberacoso.

Se trata de una acción preconcebida, que lleva a cabo un adulto a través de Internet para ganar la confianza de un menor NNA, su fin es satisfacer sus necesidades pervertidas mediante imágenes eróticas o pornográficas que consigue del menor, dándose la posibilidad incluso de un encuentro físico para abusar sexualmente, se trata de una conducta unilateral de forma anónima. Esta acción es agresiva durante un período largo de tiempo y de forma recurrente, con un monitoreo de actividades de la víctima. Es por ello que se requieren destrezas y conocimientos, además de la implicación en la manipulación a terceros para el hostigamiento y acoso a la víctima (Panizo, 2011).

3.6. Pornografía infantil

Se trata de la exhibición de genitales y actos sexuales de toda índole, donde abundan imágenes sadomasoquistas, la pedofilia y otras aberraciones, individuales o en grupo. Es una industria millonaria que vende sexo cosificando, envileciendo al hombre y a la mujer. Es explotación de los seres humanos y sobre todo de la mujer (Melorose, Perroy & Careas. 2015).

Lo anterior describe las actuaciones de ciberdelincuentes que aprovechan el anonimato y la facilidad de navegación para asechar a jóvenes y niños que por su inmadurez, no comprenden la complejidad de sus actuaciones y terminan en un círculo sin salida accediendo a las pretensiones de los proxenetas, quienes realizan exigencias económicas o materiales.

La pornografía por las redes informáticas es utilizada como una industria, se opera como cadenas reproductivas, las cuales involucran a personas que se lucran de ellas, personas que trabajan allí directamente y a consumidores que pagan por ello y que obtienen a cambio una gratificación sexual. Constituye de hecho, una modalidad de explotación en la cual se abusa sexual-

mente de los niños y niñas vulnerando sus derechos humanos a la dignidad, igualdad, autonomía y bienestar físico y mental para obtener gratificación sexual, ganancias financieras o logros personales (Gonzaga, 2012).

Por consiguiente, este comportamiento sigue siendo un problema para los países en desarrollo, dado que este fenómeno criminal resulta muy rentable para los proxenetas y las satisfacciones aberrantes de los pedófilos, quienes encuentran en las redes cierta seguridad por el manejo del anonimato y discreción. Giménez (2015), aduce que múltiples aplicaciones son utilizadas para el ciberacoso, entre las que destacan WhatsApp, las llamadas y las redes sociales.

3.7. Cifrado de extremo a extremo

Con el fin de preservar la seguridad y privacidad de los usuarios, se ofrece este servicio mediante el cual los mensajes, fotos, videos, mensajes de voz, documentos y llamadas, pueden ser leídos únicamente por el emisor y receptor, y que nadie, ni siquiera WhatsApp los logre leer.

De esta manera los mensajes cuentan con un candado, donde solo los dos usuarios que intercambian información cuentan con el código/llave especial para abrirlo y leer los mensajes. Cada mensaje que se envía tiene su propio candado y código único. Todo esto pasa de manera automática; sin necesidad de ajustar o crear chats secretos especiales para asegurar los mensajes, de los cuales no existe forma de desactivar o apagar el cifrado de extremo a extremo (Whatsapp, 2016).

4. Marco jurídico

Retomando los antecedentes jurídicos, se puede iniciar con la Constitución Política de 1991, la cual busca proteger de alguna forma las mínimas garantías del ser humano, desde mecanismos como la acción de tutela que puede ser interpuesta al presentarse alguna violación a la intimidad, que en este caso se ejecuta cuando se revelan datos privados sin autorización o consentimiento previo.

Con la implementación de la Ley 1273 del 5 de enero de 2009, dispuesta en Colombia como la Ley de Delitos Informáticos, surgen algunos antecedentes

jurídicos, que pueden remitir a veinte años atrás, cuando mediante Decreto 1360 de 1989 se reglamenta la inscripción del soporte lógico (software) en el Registro Nacional de Derecho de Autor, tomado como fundamento normativo para resolver aquellas reclamaciones por violación en este aspecto, que se daban por desarrolladores de software. A partir de esa fecha, comenzó a tener asidero jurídico para proteger la producción intelectual de estos nuevos creadores de aplicativos y soluciones informáticas (Ojeda et al., 2010).

Tabla 4: Legislación colombiana en los delitos informáticos ley 1273 de 2009

Delito	Se comete cuando	Penal
269 A Acceso abusivo a un sistema informático	Aprovechan la vulnerabilidad en el acceso a los sistemas de información o debilidades en los procedimientos de seguridad.	Prisión de 48 a 96 meses y multa de 100 a 1.000 salarios mínimos vigentes
269 B Obstaculización ilegítima de sistema informático o red de telecomunicación	Bloquean en forma ilegal un sistema o impiden su ingreso, igualmente, el acceso a cuentas de correo electrónico de otras personas, sin el debido consentimiento.	Prisión de 48 a 96 meses y multa de 100 a 1.000 salarios mínimos vigentes
269 C Interceptación ilícita de datos informáticos	Obstruyen datos sin autorización legal, en su sitio de origen, en el destino o en el interior de un sistema informático.	Prisión de 36 a 72 meses vigentes
269 D Daños informáticos	Cuando una persona que, sin estar autorizada, modifica, daña, altera, borra, destruye o suprime datos del programa o documentos electrónicos y se hace en los recursos de TIC.	Prisión de 48 a 96 meses y multa de 100 a 1.000 salarios mínimos vigentes

Fuente: *Elaboración propia con información de la ley 1273 de 2009. Congreso de la república*

De acuerdo al soporte lógico de los sistemas informáticos, los cuales constituyen un elemento informático, en el Decreto 1360 de 1989 fue reglamentada la inscripción del soporte lógico (software) en el Registro Nacional del Derecho de Autor.

El Código Penal colombiano (Ley 599 de 2000) en su Capítulo séptimo del Libro segundo, del Título III: incluye los delitos contra la libertad individual y otras garantías, que se refieren a la violación a la intimidad, reserva e interceptación de comunicaciones tales como la violación ilícita de comunicaciones, ofrecimiento, venta o compra de instrumento apto para interceptar la comunicación privada entre personas, divulgación y empleo de documentos reservados, acceso abusivo a un sistema informático, violación ilícita de comunicaciones o correspondencia de carácter oficial y la utilización ilícita de equipos transmisores o receptores. Posteriormente surge la Ley 679 de 2001, desde la que se establece el Estatuto para prevenir y contrarrestar la explotación, la pornografía y el turismo sexual con menores de edad. De igual manera, consagra prohibiciones para los proveedores o servidores, administradores o usuarios de redes globales de información, respecto a alojar imágenes, textos, documentos o archivos audiovisuales que exploten a los menores en actitudes sexuales o pornográficas. No obstante, esta norma se abstiene de realizar acciones penales, incluyendo sólo las administrativas dejando un vacío que favorece a los acosadores sin efecto de la Ley.

Por consiguiente, el 21 de julio de 2009, se sanciona la Ley 1336, “por medio de la cual se adiciona y robustece la Ley 679 de 2001, de lucha contra la explotación, pornografía turismo sexual con niños, niñas y adolescentes”. En forma específica, en su Capítulo VI, sanciona los “Tipos penales de turismo sexual y almacenamiento e intercambio de pornografía infantil” con penas de prisión de diez (10) a veinte (20) años y multas de ciento cincuenta (150) a mil quinientos (1.500) salarios mínimos legales mensuales vigentes (SMLMV) (Ojeda et al., 2010).

De igual manera, la Ley 1273 de 2009 intenta complementar el Código Penal y crea un nuevo bien jurídico tutelado a partir del concepto de la protección de la información y de los datos, es así que se tipifican los delitos informáticos en Colombia, cuyo fin es preservar integralmen-

te a los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones. El primer capítulo de los dos en que está dividida la Ley, trata de los atentados contra la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de los datos y de los sistemas informáticos, tales como la obstaculización ilegítima del sistema informático o red de telecomunicación; interceptación de datos informáticos; daño informático; uso de software malicioso; hurto por medios informáticos y semejantes; violación de datos personales; suplantación de sitios web para capturar datos personales y transferencia no consentida de activos.

En Colombia, el derecho de acceso a la información general antes de la Constitución de 1991 aparece reglamentado en normas como el artículo 252 del Código de Procedimiento Civil, que trata sobre los documentos u otros instrumentos que se asimilen (los discos electromagnéticos, planos, fotografías, etc.); la Ley 57 de 1985 (que amplía el derecho ya formado en la Ley 4 de 1913, (artículo 342) para los documentos públicos; la Ley 16 de 1972 del 20 de diciembre (regula el derecho a la información y en forma especial el derecho a rectificación y respuesta) y el Código Contencioso Administrativo (C.C.A de 1984-89) para el acceso a los documentos por origen o asimilación, (incluidos los documentos informáticos, electrónicos y telemáticos) o cualquiera otro que contenga información pública o de carácter particular, (artículo 14 Ley 16/72), (Quintero & Suarez, 2012).

4.1. Regulación legal internacional

En cuanto a la regulación legal del fenómeno en estudio, existe un convenio a nivel internacional, denominado Convenio de Ciberdelincuencia del Consejo de Europa. El Convenio sobre Ciber criminalidad, también conocido como el Convenio de Budapest, sobre el Cibercrimen o simplemente como Convenio de Budapest, es el primer tratado internacional que busca hacer frente a los delitos informáticos y los delitos en Internet mediante la armonización de leyes nacionales, la mejora de las técnicas de investigación y el aumento de la cooperación entre las naciones. Fue elaborado por el Consejo de Europa en Estrasburgo, con la participación activa de los estados observadores de Canadá, Japón y China (Verino, 2014).

Por lo anterior se puede afirmar que las regulaciones de ámbito internacional están siendo objeto de estudio, como gran preocupación mundial por la protección a la infancia y adolescencia, ya que se han realizado estrategias y convenios entre países a fin de mejorar las técnicas en materia de investigación criminal, toda vez que este tipo de delitos se pueden cometer desde cualquier lugar del planeta, sólo basta con tener un punto de acceso a internet.

5. Marco institucional

La Policía Nacional a través del Centro Cibernético Policial, quien cumple funciones de Policía judicial, cuenta con un grupo investigativo para combatir los delitos contra la pornografía infantil y otros abusos en internet. Esta dependencia de la Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL se encarga del desarrollo de estrategias, programas, proyectos y demás actividades requeridas en materia de investigación criminal contra los delitos que afectan la información y los datos.

En aras de contribuir con la administración de justicia, esta entidad se enfoca a custodiar el ciberespacio, como la red interdependiente de infraestructuras de tecnología de la información, que incluye internet y otras redes de telecomunicaciones, sistemas computacionales, procesadores integrados y controladores de industrias críticas, en aras de salvaguardar este medio, donde las personas e instituciones comparten e intercambian información. El “nuevo dominio de los computadores” ha facilitado y acelerado la velocidad de las comunicaciones alrededor del mundo, por lo cual se ha convertido en un factor esencial para el funcionamiento de la economía, la política y la cultura de todas las naciones del planeta.

Es así que el Ministerio de Defensa Nacional, (2009) aduce que las amenazas cibernéticas tienen una connotación sustancialmente diferente a otras afectaciones para la seguridad Nacional; toda vez que estas pueden ser realizadas por el crimen organizado, terroristas o Estados con un costo mínimo y su trazabilidad es sumamente difícil. Es por ello que las acciones para proteger las infraestructuras cibernéticas son del Estado, ya que no solo afecta el deterioro del mismo sino que afecta directamente al ciudadano, entre otros aspectos gubernamentales.

Desde el año 1999 se han reportado numerosos ataques a dominios colombianos; para el año 2002 el sitio <http://attrition.org/> reportó 50 ataques a diferentes sitios oficiales. En el 2009, la cantidad de ataques aumentó exponencialmente; el sitio www.zone-h.org reportó una veintena tan sólo en el mes de agosto.

De acuerdo al Centro cibernético policial (2013), Colombia se ha ido preparando para enfrentar este tipo de amenazas, entre ellas el Ministerio de Relaciones Exteriores en el año 2005, creó un grupo interagencial de trabajo para analizar y profundizar en los temas concernientes al ciberespacio. Aunado a ello el Ministerio de las TIC, por medio de una consultoría, ha identificado algunos vacíos jurídicos y procedimentales que tienen los organismos del Estado en materia de Seguridad Informática.

De acuerdo a la Consejería Jurídica (2010), se han realizado unos comparativos entre los países de América, con resultados significativos de este grupo interagencial, quienes han contribuido en la creación del COLCERT en el 2009, (Equipo de Respuesta a Emergencias Informáticas de Colombia), cuya función principal es la de coordinar las acciones necesarias para la protección de la infraestructura crítica del Estado colombiano, frente a emergencias de cibernéticas que atenten o comprometan la Seguridad y Defensa Nacional.

6. Marco histórico

A lo largo de la historia el hombre, según Verino (2014) ante la necesidad de comunicarse, transmitir y tratar información, ha realizado diferentes sistemas a tales fines que van desde las señales de humo, código morse, teléfono hasta llegar a la informática, que es la ciencia encargada del estudio y desarrollo de máquinas, cuyos inicios se dan con el fin de ayudar al hombre con trabajos rutinarios y repetitivos; con el tiempo fue diversificando su uso.

Luego nace Internet como ciencia tecnológica que pondría cultura, ciencia e información al alcance de millones de personas en todo el mundo. En ese sentido ha tenido una gran acogida por sus innumerables ventajas de las que muchos usuarios y empresas han logrado extraer im-

portantes beneficios, también abre las puertas a conductas antisociales y delictivas ofreciendo oportunidades nuevas y complejas de infringir la ley (Verino, 2014).

Es así que la evolución de la comunicación se ha dado para mejorar los procesos de producción e intercambio de conocimientos, pero con el tiempo se ha ido transformando y de esta manera, aprovechando para cometer actos ilícitos con mayor facilidad.

Es cuando el ámbito social de las últimas décadas, ha resultado íntimamente vinculado con la evolución tecnológica, operada en el transcurso del tiempo. Esto genera problemas para la protección de intereses sociales no convencionales y para la represión de las conductas delictivas realizadas a través de medios no convencionales, en este contexto debe tenerse en cuenta que el impacto de la explosión tecnológica es un problema de política criminal, que se conoce sobradamente.

6.1. Evolución histórica

La evolución histórica de la pornografía infantil, ha permanecido durante muchos años, fue en países como Holanda o Dinamarca, entre la década de los años 60 y 70, y dentro del contexto de la revolución sexual, donde aparecieron revistas diversas con pornografía infantil, amparándose en el vacío legal que en aquellos momentos existía debido al crecimiento de Internet, una cuestión realmente positiva para lo que concierne a la libertad de expresión, ha supuesto, por desgracia, un aumento en el consumo de este tipo de contenidos, facilitándose a la población en general el acceso al mismo y es que actualmente, se tiene constancia que existen más o menos 4 millones de espacios virtuales. El acercamiento de muchos usuarios al diseño web, o a programas de edición de páginas simples, ha provocado un aumento de este tipo de contenidos, especialmente, porque en tan sólo unos minutos, puede poner a disposición de millones de usuarios contenidos de dudosa legalidad (García, 2009).

Según Parry (2010), en el mundo se crean alrededor de 500 nuevas zonas virtuales por día, destinadas a la difusión de este contenido. Esta cifra es muy alarmante sobre la problemática que supone en la actuali-

dad para Internet. También calcula que alrededor del 60% de los sitios web existentes dedicados a esta temática son de acceso privado, con una cuota que ronda los 40 euros mensuales de promedio.

De acuerdo con lo anterior, estas cifras son desalentadoras porque se habla de 1000 millones de euros mensuales generados en este comercio, esto pone de presente que los niños, niñas y adolescentes se encuentran en alto nivel de vulnerabilidad, pues ahora no se trata de solo páginas de acceso público, ya que con el paso del tiempo, se han generados nuevas interfaces para la comunicación tales como chats, blogs, foros y demás espacios que facilitan la comunicación en vivo, las cuales pueden ser utilizadas para captar y distribuir archivos de manera inmediata.

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

Para la caracterización se realizó una investigación cualitativa, con el fin de profundizar el conocimiento sobre las características que rodean los delitos sexuales cometidos mediante el uso de las redes sociales, con ello se busca cualificar ese comportamiento previamente identificado y organizar la información procedimental y jurídica; a partir de ello, se describe (caracterizar) de una forma estructurada la problemática dada en los procedimientos para judicializar a los actores del crimen (Bonilla, Hurtado & Jaramillo, 2009).

Agrega Sánchez, que la caracterización es una descripción u ordenamiento conceptual (Strauss & Corbin, 2002), que se hace desde la perspectiva de la persona que la realiza. Esta actividad de caracterizar (que puede ser una primera fase en la sistematización de experiencias) parte de un trabajo de indagación documental del pasado y del presente de un fenómeno, y en lo posible está exenta de interpretaciones, pues su fin es esencialmente descriptivo.

La metodología utilizada para este trabajo de investigación fue la descriptiva, atendiendo que este proyecto se centró en analizar y estudiar las conductas informáticas consideradas delictivas o reprochables y que están tipificadas como delitos en nuestro código penal, utilizando las diferentes Tecnologías de la Información y Comunicación. Para el desarrollo de este tema, se utilizó la técnica del análisis bibliográfico de la temática aquí abordada (Manjarrés & Jiménez, 2012).

La investigación es de tipo analítico y descriptivo, ya que se estudian los datos estadísticos de las diversas instituciones como la rama judicial, fiscalía y policía judicial, centrado en aprender las conductas informáticas contra la libertad, integridad y formación sexual, entre ellos los tipificados en el capítulo IV del CPP efectuadas con el uso de

diferentes tecnologías de la información y comunicación.

Es por esto que se realiza un análisis bibliográfico de esta temática, con el fin de generar una hipótesis sobre los factores que inciden en la judicialización de manera oportuna de los delitos sexuales cometidos a través de las redes sociales en Colombia. Con ello se pueden construir las preguntas iniciales que se realizan a los expertos, quienes al dar sus respuestas de manera libre y abierta, brindan la oportunidad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información (Gómez & Roquet, s.f.).

3.2. Técnicas de recolección de la información

Como instrumento de evaluación se realiza una entrevista cualitativa no estructurada, con el fin precisar conceptos y obtener mayor información en cuanto al conocimiento y sus apreciaciones ante las experiencias sobre el comportamiento delictivo del uso de las redes sociales para la explotación sexual. Es por ello que se realizan entrevistas abiertas y debatibles en un grupo focal conformado por expertos profesionales en la lucha contra los delitos informáticos, como son los funcionarios del Centro Cibernético Policial DIJIN, programa global sobre el Cibercrimen de las Naciones Unidas de Colombia, de la Fiscalía Especializada para la lucha contra el Cibercrimen y del Cuerpo Técnico de Investigación a fin de vislumbrar la vulnerabilidad de las redes en Colombia.

Las preguntas fueron clasificadas según Mertens (2010) citado en Hernández, Fernández, & Baptista (2014) de opinión, expresión de sentimientos, conocimientos, sensitivas, de antecedentes y de simulación. Además de atender la percepción frente a lo suscrito en el CPP sobre los delitos contra la libertad, integridad y formación sexual cometidos a través de las redes sociales, dado que permitirán evidenciar desde su perspectiva las dificultades para su judicialización.

Grupo focal.

En este estudio se emplea como medio de recolección de la información un grupo focal, el cual funciona para entender las actitudes y opiniones de los participantes, mediante el cual se seleccionan los tópicos de

entrevista siendo respectivamente los colaboradores los que proveen con los datos. Una vez obtenidos los datos se analiza la información y se relacionan los resultados con las interrogantes planteadas en la investigación (Mella, 2000).

A partir del problema objeto de estudio, se eligen los directivos y expertos en la lucha contra los delitos informáticos, dada su condición de versados especialistas en la lucha contra este tipo de modalidad criminal; se recolecta la información a partir de una entrevista no estructurada o abierta, mediante la cual se obtienen en forma descriptiva y narrativa las experiencias relacionadas con el problema objeto de estudio.

Posteriormente se identifican las unidades de análisis para generar las categorías que permitirán evidenciar los patrones que se encuentren presentes en las descripciones y narrativas de los participantes. En esta se realiza la conexión existente entre las experiencias de los participantes que estén relacionadas con el problema objeto de estudio.

De este análisis podrán abstraerse las categorías, estrategias delictivas adoptadas para evadir las acciones legales, tales como el aprovechamiento tecnológico, y/o a las posibles debilidades normativas existentes en Colombia.

3.3. Procedimiento de la investigación

Categorías de análisis de los constructos que evalúan los antecedentes de delitos contra la libertad sexual mediante el uso de las redes sociales, protocolos realizados para la atención de víctimas de delitos sexuales a través de las redes sociales y las dificultades para la atención de Delitos Informáticos (DI) en casos contra la libertad, integridad y formación sexual, tales como dificultades logísticas, tecnológicas y operacionales.

En cuanto a las experiencias particulares de fenómenos delincuenciales en DI para casos de violencia contra la libertad, integridad y formación sexual, se hace énfasis en los cometidos mediante el uso de las redes, las percepciones, sentimientos y razonamientos de la experiencia, per-

cepción acerca de las consecuencias de Delitos sexuales cometidos a través de las redes sociales y finalizando con una opinión frente a los delitos sexuales cometidos a través de las redes informáticas en general.

Fase I: Evaluación cualitativa

Al realizar el análisis de datos cualitativos se busca descubrir temas y conceptos inmersos en los datos recolectados, en la medida que se avanza en el análisis de estos datos, rodeado de temas y conceptos, se tejen en una explicación más amplia de importancia teórica o práctica, que luego guía el reporte final (Rubin & Rubin, 2011).

De acuerdo a Álvarez & Jurgenson (2003), este análisis se debe realizar en forma sistemática, seguida de una secuencia y un orden. Es así que en este proceso se han adelantado las siguientes fases:

Fase II: Obtención de la información

Se realiza la obtención de información a través de los registros sistemáticos en la labor de campo para el análisis de documentos de diversa índole, los cuales son puestos a consideración en un encuentro temático como grupo de discusión.

Fase III: Registro, transcripción y ordenación de la información

La captura y registro de la información, se realiza mediante la grabación videográfica en forma digital, en el caso de las observaciones que surjan, se realizan mediante notas tomadas ya sea de forma manuscrita o digitalizada, además de la recolección de información original o fotocopias de los documentos aportados. Dicha información se procede a transcribirla en formato Word.

Fase IV: Codificación de la información

Para codificar la información obtenida, se procede a realizar un proceso mediante el cual se agrupa la información obtenida en categorías que concentran las ideas, conceptos o temas similares hallados en este ordenamiento. La información se clasifica y se etiqueta en el software At-

las.Ti versión 7.5.15, con el fin de permitir la asignación de unidades de significado a la información descriptiva o inferencial compilada durante esta investigación. Es decir que se trata de recursos mnemónicos que se utilizan para identificar o marcar los temas específicos en los textos obtenidos. De esta forma los códigos preestablecidos son ajustados por trozos de texto, de tal manera que se puedan recordar y aplicar en forma de etiqueta categorial directa, de tal forma que se puedan agrupar y encontrar rápidamente segmentos relacionados con la parte en cuestión de la investigación; de esta forma se sientan las bases para elaborar las conclusiones (Fernández, 2006).

Fase V: Integración de la información

Como lo afirma Álvarez & Jurgenson (2003), a la información recolectada, transcrita, ordenada y sistematizada, se procede a darle sentido. Es así que se realiza una simplificación para que los argumentos complejos sean entendibles en las notas de campo y las transcripciones textuales (Patton, 2010).

CAPÍTULO IV

4. Análisis e interpretación de resultados.

4.1. Resultados

De acuerdo con el análisis realizado a la información obtenida por el grupo focal, se han obtenido los siguientes resultados:

De acuerdo al análisis jurídico se puede evidenciar la contribución que han hecho los organismos gubernamentales a las reformas como instrumento efectivo para contrarrestar los delitos informáticos, u otros delitos tipificados como aquellos que atentan contra la libertad integridad y formación sexual, que en este caso hacen uso de las redes informáticas para facilitar sus acciones criminales, mediante acciones penales para quienes incurran en estos comportamientos.

No obstante, las capacitaciones han sido encaminadas al Centro de Atención Integral a Víctimas de Abusos Sexuales (CAIVAS) o al Centro de Atención Penal Integral a Víctimas (CAPIV), enfocadas en los delitos donde existe contacto físico, a diferencia de los delitos que se cometen a través de las redes informáticas. Al presentarse un caso, detrás de el existe un entrenamiento arduo de los ciberdelincuentes para cometer estos actos criminales. A pesar que el centro cibernético y la Escuela de investigación criminal han realizado diferentes charlas, cursos y diplomados para obtener una mayor capacidad de respuesta e intervención este tipo de casos.

Las falencias están demostradas en situaciones como el registro en CAIVAS de casos para la atención de niños, niñas y adolescentes abusados sexualmente, en los cuales no existe una capacitación a los funcionarios para la atención oportuna en esta temática.

De acuerdo a los avances tecnológicos, se han abierto nuevas puertas a los ciberdelincuentes, por ello el gobierno ha expedido normas con el fin de regular estos comportamientos, tales como la ley 527 de

1999, como normatividad para combatir los delitos informáticos. Los delincuentes han tomado ventaja sobre las acciones. Es decir que las entidades gubernamentales en temas informáticos, han estado detrás de las acciones criminales para expedir normas y capacitaciones a los funcionarios frente a estas amenazas.

Al revisar los delitos informáticos tipificados dentro de la legislación colombiana, se tiene que muchos comportamientos delictivos no están enmarcados en estos títulos, ya que en la actualidad están siendo procesados en el código penal en su capítulo IV, como los delitos contra la libertad, integridad y formación sexual.

En cuanto a los elementos materiales probatorios, al tratarse de evidencia obtenida de manera técnica, generan la necesidad de recurrir a entidades privadas de telefonía y servicios de Internet para obtener información acerca de las direcciones de donde provienen los ataques; pero para ello es necesario contar con el aval de un juez de control de garantías, con la grave dificultad que en muchas ocasiones estas entidades no contestan oportunamente, o cuando lo hacen, mencionan que no tienen información alguna, ya que los registros tienen una caducidad de seis meses, posterior a ello se borra todo tipo de pesquisa. Por otra parte, para agudizar la problemática, muchas de esas entidades no tienen representación en Colombia, lo que genera un inconveniente mayor, ya que el trámite se hace más dispendioso, porque las entidades extranjeras no dan la importancia que merece tal solicitud.

Así mismo se presentan otras dificultades tales como que las entidades no entregan la información que se ha solicitado de manera oportuna y la requerida, lo que implica volver a repetir todo el proceso judicial, tanto organizar nuevamente las audiencias de control de legalidad y demás que requieren un tiempo y dedicación de los actores en la administración de justicia.

La problemática de cooperación internacional está presente a nivel mundial en la lucha contra este delito transnacional, ya que el comportamiento delictivo se presenta en diferentes países donde los ataques los realizan en países donde no están alojados. De esta manera se ha creado un grupo que se llama G-724-7 con el fin de prestar ese apoyo

internacional. Esta agencia, surge en cumplimiento a los acuerdos internacionales como el dado en Ottawa Canadá, para mantener actualizadas las bases de datos y recordar los protocolos, y está dirigido a poder solicitar la preservación de la información para que las entidades o agencias de ley que vayan a formalizar la solicitud a través de canales diplomáticos de asistencias judiciales, entiendan donde se encuentran dichas evidencias protegidas, por seis meses e inclusive un año.

Desde un enfoque internacional, un modelo que se podría adoptar es el español, el cual ha emitido un decreto, donde se establece la responsabilidad penal de las personas jurídicas, en la cual prácticamente obligan a todas las empresas que tienen algún rol en procesamiento de datos, a generar un área de cumplimiento penal. Es decir, como el Complaints procedure en lavado de activos, pero no solo en instituciones financieras y lavado de activos sino para asegurarse que todas las personas que dejan la seguridad de sus datos a un tercero, como empresas particulares y en general cualquier entidad que maneje datos personales. Los atentados por medio de las redes informáticas contra los niños, niñas y adolescentes se han incrementado de manera significativa, por lo tanto la acción encaminada a contrarrestar este comportamiento ha sido desde la prevención, en compañía de la ONU. Además, el CAPIV ha realizado asesorías y capacitación a los funcionarios que atienden temas de delitos sexuales. No obstante, existen dificultades en la ausencia de denuncias por parte de los representantes legales como los padres, ya que existe una falsa creencia que al cerrar dicha red social desaparece el problema y se deja de ser víctima de este tipo de delito.

La vulnerabilidad se inicia al momento de ingresar todo tipo de información en una red social como Facebook, información personal y confidencial que es aprovechada por los pedófilos. Una vez se ha sido víctima de este tipo de delitos, en la mayoría de ocasiones los padres por vergüenza o por desconocimiento no denuncian. Esto incentiva a los ciberdelinquentes a continuar con su búsqueda de víctimas, dada la no judicialización.

En lo que concierne a la Fiscalía General de la Nación, se ve impedida en continuar con un proceso investigativo de esta índole, toda vez que al tratarse de un caso donde un niño o una niña, es atendido por una

persona o funcionario no apto para direccionar lo que estaba sucediendo, de allí se presenta la revictimización, y por ende la contaminación de los elementos materiales probatorios y evidencia física. De esta manera surge la impunidad que desencadena en la falta de credibilidad hacia las instituciones como la Fiscalía General de la Nación.

En otros escenarios, por falta de información respecto de las redes sociales, se presentan situaciones como que al borrar las fotografías e información reposada en la red social Facebook, se incrementa la dificultad para que la policía judicial pueda encontrar elementos materiales probatorios.

Se puede afirmar que es una problemática mundial, cuyas dificultades radican en la independencia de las empresas, para prestar colaboración efectiva que permita obtener la respuesta necesitada. Al igual que la asistencia judicial, se requiere más efectividad y dependiendo de la embajada a quien asigne en esa asistencia judicial al otro país. Es decir, actualmente existen factores y obstáculos en cuanto a la obtención de la información.

En cuanto a la revictimización, se trata de un tema que afecta la denuncia. Al sugerir que a partir de un delito alguien cierre su Facebook o su Twitter, implica renunciar a una entidad, aunque en muchas ocasiones se trata de una entidad ficticia creada y que cuesta poco despojarse de ella.

4.2. Conclusiones

De acuerdo a los resultados se concluye que el tema de delitos sexuales a través de las redes sociales es un tema que reviste importancia, por tratarse de un comportamiento contra los niños, niñas y adolescentes de Colombia. Este fenómeno delincuencial se ha originado hace pocos años a diferencia del narcotráfico y el secuestro, entre otros, y lleva bastantes décadas perfeccionándose; es por ello que se debe reorientar las capacitaciones a todos los funcionarios que hacen parte de la administración de justicia como jueces, fiscales y policía judicial, en aras que sean atendidos de manera eficiente y oportuna y con esto frenar su crecimiento en América Latina.

Los resultados obtenidos y de acuerdo al análisis normativo, la documentación analizada que se ha evaluado en esta investigación, se pudo determinar que el ministerio de las telecomunicaciones tiene unas directivas para que los Proveedores de servicio de Internet (ISP), guarden la información generada durante el tráfico de datos por las redes durante un lapso de tiempo, pero desafortunadamente no todos guardan la información en los periodos establecidos, por capacidades técnicas realmente, según ellos no cuentan con la capacidad técnica para almacenar esa información durante más de tres meses o cuatro meses.

Así mismo, los delitos que afectan la libertad sexual revisados en el índice de denuncias en Colombia, que han sido cometidos a través de las redes sociales, comparado con las capturas por dichos delitos puede decirse que existen falencias para la judicialización mediante la categorización de los factores tanto procedimentales como jurídicos.

Por lo anterior, se puede deducir que los factores procedimentales están dados por los métodos de seguridad que han adoptado las empresas prestadoras de los servicios de mensajería, como el cifrado de extremo a extremo, implementado para la protección de la información, esto hace que la información que puede ser útil en una investigación criminal, no se encuentre disponible para ser aportada como elemento material probatorio.

Por consiguiente, la protección que las multinacionales en mensajería instantánea brindan a los usuarios en cuanto a la intimidad que merecen los usuarios de las redes sociales, y el derecho al acceso de la justicia por parte de las víctimas de los delitos contra la libertad, integridad y formación sexual, en especial cuando se trata de proteger el interés superior del niño, niña y adolescente, genera la necesidad de una ponderación de derechos, no obstante lo manifestado por las empresas como WhatsApp, quien aduce no tener control ni registros sobre los mensajes enviados entre los usuarios, debido a sus políticas de seguridad actuales.

De igual forma la cooperación internacional presenta serias falencias en cuanto a la oportuna y precisa entrega de la información requerida para una investigación criminal. Esto hace que cuando llega la eviden-

cia en forma tardía no pueda ser utilizada, o al llegar los datos que no corresponden a lo solicitado se dilata la investigación, favoreciendo a los ciberdelincuentes en sus acciones criminales.

En cuanto a los factores jurídicos, se tiene que las conductas que afectan la libertad, integridad y formación sexual, están tipificadas en el código penal colombiano, a pesar de no hacer parte de los delitos informáticos. Estos comportamientos pueden ser sancionados teniendo en cuenta los verbos rectores que se ajustan a las conductas que actualmente afectan esta población. No obstante, en los casos como el grooming y sexting, puede ser generados por un concurso de delitos, entre los cuales se encuentran la pornografía infantil y el acoso sexual, con la limitante que en el acoso sexual referido en el artículo 210 A del código penal, en sus verbos rectores aduce que quien “acose, persiga, hostigue o asedie física o verbalmente” a una víctima que puede ser menor de 18 años, no se señalan hechos cometidos a través de redes sociales y sistemas de mensajería, que no incluye los intercambios de texto y fotografías, dificultando adecuar esta conducta a dicho delito.

4.3. Recomendaciones

Esta propuesta se plantea como estrategia para una adecuada prevención, investigación y judicialización de los delitos sexuales cometidos a través de las redes informáticas, por ello se encamina hacia diferentes áreas de acción, como la educativa, jurídica y procedimental.

Se deben desarrollar actividades por el profesional en informática forense para su correcta planificación preventiva de seguridad para la recolección de la evidencia digital; en cuanto a la adquisición de instrumentos tecnológicos, se deben realizar alianzas con las empresas que fabrican instrumentos y software de avanzada tecnología para el Sistema de control de acceso a la información que cumpla con los procedimientos avalados por la comunidad científica en el respaldo de datos, para hacer las copias de la información de manera periódica y posterior restauración en caso de pérdida o corrupción de los datos; se debe realizar un adecuado manejo de virus e intrusos con políticas y procedimientos estandarizados ante la presencia de malware, spyware y virus para preservar los datos.

Realizar una referenciación internacional, para seguir los estándares a nivel mundial en la protección y recolección de la información, además de los equipos y software actuales que permitan realizar estos procedimientos más eficientemente, como:

Encase x-ways, PENBSD: El sistema operativo preventivamente seguro, TCP WRAPPERS: actúa como mecanismo de control de acceso y registro clásico basado en IP, PWDUMP3: Permite recuperar las hashes de passwords de Windows localmente o a través de la red aunque syskey no esté habilitado, LibNet: Una API (toolkit) de alto nivel permitiendo al programador de aplicaciones construir e inyectar paquetes de red, Ip-Traf: Software para el monitoreo de redes de IP, Fping: Un programa para el escaneo con ping en paralelo, Bastille, Winfingerprint: escáner de enumeración de Hosts/Redes para Win32, TCPTraceroute: implementación de traceroute que utiliza paquetes de TCP, Shadow Security Scanner: Herramienta de evaluación de seguridad no-libre, LIDS: Un sistema de detección/defensa de intrusiones para el kernel Linux, Etherape: monitor de red gráfico para Unix basado en etherman, Crack / Cracklib: clásico cracker de passwords locales de Alec Muffett, cheops / cheops-ng: provee de una interfaz simple a muchas utilidades de red, mapea redes locales o remotas e identifica los sistemas operativos de las máquinas, Visual Route: Obtiene información de traceroute/whois y la gráfica sobre un mapa del mundo, The Coroner's Toolkit (TCT).

De los softwares propuestos se debe aclarar que se encuentran en constante evolución en cuanto a versiones o cambios por otros más sofisticados que van evolucionando de manera constante, por ello la necesidad de estar en contacto con las empresas que suministran estos servicios para su actualización permanente.

Frente a la propuesta educativa, el objetivo es la prevención a través de la formación de estudiantes en reconocimiento de buenas prácticas de las redes sociales y del internet en general, así como de los riesgos que se pueden presentar con el uso del mismo, en razón de que son los niños, niñas y adolescentes los más vulnerables a delitos como la pornografía, acoso sexual entre otros, siendo contactados por redes sociales, así mismo teniendo este conocimiento desde la academia se previene en forma general la comisión de dichos delitos.

Objetivos académicos

- Expresar con claridad y de acuerdo a la edad del estudiante los beneficios del uso de las redes sociales y en general de las redes informáticas, así como los riesgos presentes en ellas.
- Desarrollar los temas y competencias de acuerdo al proceso de formación del estudiante.
- Reconocer los objetivos tanto para el estudiante como para los docentes encargados de la cátedra.
- Seleccionar los materiales y técnicas que se requieren para una cátedra de esta índole.

Destinatarios: en el entendido que el acceso a la internet y las redes informáticas se da desde cortas edades, la cátedra deberá ser implementada desde los estudiantes en los que ya se presente una utilización de la internet con fines académicos o de entretenimiento.

Tiempo: deberá tener unos espacios de tiempo que permitan tanto el avance según la edad y grado del niño, como la necesidad de conocimiento respecto del tema.

Por qué y para qué: con el fin que el niño, niña y adolescente conozca tanto los beneficios de las redes informáticas e internet con fines académicos o de relaciones de amistad, como los riesgos y formas de prevenir las distintas maneras de daños de los que pueden ser víctimas, como también las grandes ventajas para los procesos de formación académica que puede significar la pertenencia a grupos de información y aporte en el conocimiento de la utilización de páginas con beneficios académicos respecto de la calidad de la información, que permite al estudiante desde corta edad acceder a contenidos de información confiable, además de tener el conocimiento para prevenir casos de las distintas formas de acoso a través de las redes y de delitos como la pornografía entre otros.

Actividades académicas utilizadas en el proceso de formación de la cátedra de prevención y aprovechamiento de las redes informáticas e internet en general:

Bajo la teoría de David Ausubel, el aprendizaje significativo se lleva a cabo mediante la adquisición de ideas, conceptos y principios, debido a la relación de la nueva información con la que ya se tenía respecto de un tema; es decir que los conocimientos se asocian al estudiante no de forma arbitraria sino desde una imagen ya significativa para él. En este caso frente al uso de las redes informáticas, el internet, las redes sociales, ya los niños y niñas cuentan con un conocimiento desde el cual se pueden asociar esas buenas prácticas y límites que permiten llegar a prevenir ser víctimas de los ciberdelincuentes, debido al desconocimiento por parte de los usuarios de posibles riesgos en las redes.

Contenidos

Identificación y formación sobre las redes sociales y mensajería instantánea existentes, con un amplio estudio sobre las ventajas y riesgos presentes.

Contextualización según edad y grado de formación en los delitos que son cometidos a través de las redes y la forma de prevenirlos.

Formación sobre reglas de uso de redes sociales a edades permitidas, límites de interacción, límites sobre la aceptación de invitaciones de amistad.

Formación en las buenas prácticas de uso de la internet, permitiendo al estudiante el conocimiento de páginas idóneas para consultas académicas, lo que permita que desde corta edad los estudiantes conozcan los mejores sitios de consulta, así como la utilización de redes de amigos para el crecimiento mutuo fortalecido por los conocimientos de los integrantes del grupo.

Visitas a los colegios y centros educativos por parte de la Policía Nacional, con el fin de realizar talleres y socializaciones sobre las nuevas técnicas utilizadas por los ciber delincuentes, teniendo en cuenta que desde el que hacer policial se encuentran actualizados con las nuevas modalidades que mutan constantemente en la medida que la tecnología avanza.

Técnicas: talleres vivenciales, prácticas de evidencia de comprensión del conocimiento impartido, charlas dirigidas.

Desde el ámbito jurídico se propone:

Se requiere que el Estado colombiano adopte un mecanismo sancionatorio a las empresas prestadoras del servicio de mensajería instantánea y de servicios de internet, ante el incumplimiento a plazos definidos para la entrega de la información efectiva y concerniente a lo solicitado. Para ello deben implementarse las sanciones pecuniarias a aquellas que se nieguen o cumplan de manera tardía.

En cuanto a la mensajería cifrada, se propone reevaluar este servicio que es aprovechado por los ciberdelincuentes, a fin de levantar este beneficio a los usuarios en casos donde se informe un posible uso de las redes y mensajería instantánea para cometer delitos sexuales, con el objeto de realizar un seguimiento y recolección de elementos materiales probatorios, evitando la pérdida de información valiosa para el ejercicio del derecho a la justicia.

Adicionar al artículo 210 A del código penal colombiano, las condiciones descritas para la comisión de este delito de manera física o verbal el “cualquier otro medio”, para lograr incluir el traspaso de mensajes entre los usuarios de las redes sociales y mensajería instantánea, que se hace de manera escrita y/o simbólica.

Por lo anterior y en el entendido que la normatividad aplicable a los comportamientos delictivos presentados en las redes sociales ha resultado insuficiente por su acción transnacional, se debe realizar una referencia jurídica con los modelos europeos, estadounidense y latinoamericano para establecer el tratamiento jurídico que se ha dado a esta problemática. En este caso se cita lo presentado en Brasil donde se sancionó al vicepresidente de Facebook por no entregar información para un caso judicial.

Ampliar la cantidad de funcionarios expertos en informática forense del Centro Cibernético de la Policía Nacional, capacitados para perseguir a los ciberdelincuentes, contando con una buena participación del sector

privado, dando prioridad para la especialización a esos funcionarios en informática forense y capacitación internacional.

Referencias bibliográficas

Acuario del Pino, S. (2005). Delitos Informáticos: Generalidades. Puce.

Acurio, S. (2013). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 3-8.

Al-Bugharbee, H., & Trendafilova, I. (2016). A fault diagnosis methodology for rolling element bearings based on advanced signal pretreatment and autoregressive modelling. *Journal of Sound and Vibration*, 369, 246-265. <http://doi.org/10.1016/j.jsv.2015.12.052>

Álvarez, J., & Jurgenson, G. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa* (Paidós Edu). Buenos Aires.

Arocena, G. (2012). La regulación de los delitos informáticos en el código penal argentino. Introducción a la Ley Nacional Núm 26.388. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84869402130&par>

Cano, A., Díaz, J., Mendieta, C., Rivas, C., & Sánchez, N. (2014). Aporte internacional frente a los delitos informáticos en Colombia y su ejecución por parte de las autoridades competentes. Universidad Libre de Colombia.

Centro cibernético policial. (2013). Ciberseguridad. Retrieved from <http://www.buango.com/dijin/ciberseguridad.php>

Cerrada, R. (2016). Que es el Phishing. Retrieved from <https://www.microsoft.com/es-es/business/business-articles/default.aspx?title=-que-es-el-phishing&nv1if3=1>

COLCERT, (2009) Equipo de Respuesta a Emergencias Informáticas de Colombia.

Concejalía de Bienestar Social y Sanidad. (2014). Protección de los Dere-

chos de la Infancia en Internet. Retrieved from http://www.ayto-murcia.es/ServiciosSociales/pdf/enlaces/2014_DOSSIER.SDerechos.pdf

Congreso de la República, Ley 599 de 2000. Código de Procedimiento Penal. de P. P.

Congreso de la República., Ley 679 de 2001. De lucha contra la explotación, la pornografía y el turismo sexual.

Congreso de la República., Ley 1336 de 2001. Lucha contra la explotación, la pornografía y el turismo sexual con niños, niñas y adolescentes.

Congreso de la República., Ley 57 de 1985. Por la cual se ordena la publicidad de los actos y documentos oficiales.

Congreso de la República., Ley 16 de 1972. Por medio de la cual se aprueba la Convención Americana sobre Derechos Humanos “Pacto de San José de Costa Rica”, firmado en San José, Costa Rica, el 22 de noviembre de 1969”.

Congreso de la República., Ley 4 de 1993. Por medio de la cual se aprueba la Convención Americana sobre Derechos Humanos “Pacto de San José de Costa Rica”, firmado en San José, Costa Rica, el 22 de noviembre de 1969.

Congreso de la República de Colombia. Ley 1273 (2009), de la protección de la información y de los datos. Bogotá D.C.

Congreso de la República de Colombia. Por el cual se modifica y adiciona la Ley 23 de 1982 y se modifica la Ley 29 de 1944. (1994).

Consejería Jurídica. (2010). Seguridad informática. Retrieved from <http://www.cisen.gob.mx/pdfs/transparencia/Seguridad-Informatica-Der-Comparado.pdf>

Contreras, A. (2003). Delitos informáticos: un importante precedente. Scielo. Retrieved from http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-00122003000100023&lng=es&lng=es.10.4067/S0718-00122003000100023.

Corte constitucional (1991). Constitución Política de Colombia.

Cruzado, J. (2011). Delitos informáticos y ciberterrorismo.

David, J., & Arbeláez, R. (2011). Análisis de los delitos informáticos presentes en las redes sociales en Colombia para el año 2011 y su regulación.

EbroFoods. (2012). Informe de Progreso Pacto Mundial 2012, 69.

Peña, D. (2014). Delitos Informáticos Contra La Indemnidad Y Libertades Sexuales Ley No30096, 1-37.

Fernández, L. (2006). Fichas para investigadores ¿Cómo analizar datos cualitativos? *Bulletí LaRecerca*, 1-13. <http://doi.org/ISSN: 1886-1946> / Depósito legal: B.20973-2006

García, P. (2009). Pornografía Infantil.

Giménez, A. (n.d.). Cyberbullying: análisis de su incidencia entre estudiantes y percepciones del profesorado. Universidad de Murcia. Retrieved from <http://tdx.cat/handle/10803/312158>

Gómez, D. R., & Roquet, J.V. (n.d.). Metodología de la investigación.

Gonzaga, D. (2012). Necesidad de tipificar y sancionar conductas emergentes de pornografía infantil en internet y medios informativos.

Gupta, J. N. D., Kalaimannan, E., & Yoo, S.-M. (2016). A heuristic for maximizing investigation effectiveness of digital forensic cases involving multiple investigators. *Computers & Operations Research*, 69, 1-9. <http://doi.org/10.1016/j.cor.2015.11.003>

Javier, D., & Montoya, G. (2012). Necesidad de tipificar y sancionar conductas emergentes de pornografía infantil en internet y medios informativos.

Lindenmeyer, G. (2001). Criminalidade e adequação da lei penal - diag-

nósticos. In *Ámbito Jurídico*. Rio Grande. Retrieved from http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=5421&revista_caderno=3

Manjarrés, I., & Jiménez, T. (2012). Caracterización de los delitos informáticos en Colombia. *Pensamiento Americano*, 5(9), 71-82.

Márquez, A. (2009). La delincuencia económica teorías acerca de su origen, medios de lucha para afrontar su criminalidad-corrupción- blanqueo de dinero-falsificación de moneda delitos informáticos tráfico de estupefacientes / Alvaro Enrique Márquez Cárdenas (Doctrina y). Bogotá D.C.

Mella, O. (2000). Técnica De Grupos Focales ("Focus Groups"). *Cide*, 3, 1-27.

Melrose, J., Perroy, R., & Careas, S. (2015). La pornografía infantil en la legislación venezolana. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Meza, A. (2013). Los delitos sexuales contra los niños, niñas adolescentes en las redes sociales. Beneficios de los mecanismos de protección y prevención judicial. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ministerio de Defensa Nacional. (2009). Ciberseguridad y ciber defensa: una primera aproximación.

Miranda, Ledezma, Urvinola, Blume, Ramos, Sardón, & Espinosa. Sentencia del tribunal constitucional (2016). Perú.

Miro, F. (2012). El cibercrimen. Fenomenología y criminología de la delincuencia en el ciberespacio, 332.

Mora, E. (2006). Delitos Informáticos: Legislación vigente en Costa Rica y recomendaciones sobre la incorporación de posibles nuevos delitos.

ULACIT, 2013-2014. Retrieved from <http://bb9.ulacit.ac.cr/tesinas/Publicaciones/035054.pdf>

Ojeda, J., Rincón, F., Arias, M., & Daza, L. (2010). Delitos informáticos y entorno jurídico vigente en Colombia. *Computer Crime and Current Legislation in Colombia*, 11(28), 41-66. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=59522387&lang=es&site=ehost-live>

Panizo, V. (2011). El ciber-acoso con intención sexual y child-grooming, 22-33.

Pantallas amigas. (2016). Sexting. Retrieved from <http://www.sexting.es/>

Peña, D. (2016). Aproximación criminógena: delitos informáticos contra la indemnidad y libertades sexuales ley No 30096, 1-38.

Peña. (2016). Mejorar la cooperación internacional también debería ser parte del debate sobre el cifrado. Retrieved from <https://www.derechosdigitales.org/9812/mejorar-la-cooperacion-internacional-tambien-deberia-ser-parte-del-debate-sobre-el-cifrado/>

Presidencia de la República. Decreto 1360 de 1989 (1989).

Price water house coopers. (2003). *Economic Crime Survey 2003*, 1-24.

Patton, M. (2010). Utilization-Focused Evaluation, Retrieved from <https://us.sagepub.com/en-us/sam/author/michael-quinn-patton>

Quintero, S., & Suarez, S. (2012). Comisión de conductas punibles en la internet en Colombia. *Vérsila Biblioteca Digital*, 1, 3-56. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Rico, M. (2013). Los desafíos del derecho penal frente a los delitos informáticos y otras conductas fraudulentas en los medios de pago electrónicos. *Revista Del Instituto de Ciencias Jurídicas de Puebla*, (31), 207-222.

Rodríguez, A (2011). Análisis de los delitos informáticos presentes en las redes sociales en Colombia para el año 2011 y su regulación.

Rubin, H., & Rubin, I. (2011). *Qualitative interviewing* (SAGE). Los Angeles. Retrieved from <https://books.google.com.co/>

books?hl=es&lr=&id=bgekGK_ xpYsC&oi=fnd&pg=PR15&dq=Qualitative+interviewing.+The+art+of+hearing+data&ots=tHaAjl6N9&sig=TL-ZeOEo8KSj61ur6J4o-2h0W6M&redir_esc=y#v=onepage&q=Qualitative interviewing.The art of hearing data&f=fals

Subijana, I. (2008). El ciberterrorismo: una perspectiva legal y judicial Ignacio José Subijana Zunzunegui, 169-188.

Torres, L. (2010). ¿Existe el delito de Grooming o ciber acoso sexual infantil?: una aproximación desde la óptica jurídico- penal (especial referencia al proyecto de ley que modifica el artículo 366 quáter del Código Penal), 1-9.

Trujano, P., Dorantes, J., &Tovilla, V. (2009).Violencia En Internet: Nuevas Víctimas, Nuevos Retos. Liberabit, 15(1), 7-19.

Unidas Naciones. (2010). 12° Congreso de las Naciones Unidas sobre Prevención del Delito y Justicia Penal (Vol. 50385). Salvador - Brasil. Retrieved from <http://www.delitosinformaticos.com/01/2015/noticias/el-cloud-computing-revoluciona-la-tradicional-forma-de-entender-los-negocios>

Verino, J. (2014). Delitos informáticos.

Whatsapp. (2016). Cifrado de extremo a extremo. Retrieved from [https:// www.whatsapp.com/faq/es/general/28030015](https://www.whatsapp.com/faq/es/general/28030015)

Wiener, N. (1961). Cybernetics; or, Control and communication in the animal and the machine (New York,). Cambridge, Massachusetts.



INVESTIGACIÓN

POLIMORFISMOS INSERCIÓN/DELECIÓN - INDELS: UNA
HERRAMIENTA GENÉTICA EN LA IDENTIFICACIÓN PLENA DE
INDIVIDUOS CNI EN COLOMBIA

YENY CECILIA POSADA POSADA
Investigadora Principal

Introducción

La sigla NN, proviene de la expresión latina *Nomen Nescio* (Gatti, 2011), que significa, desconozco el nombre, y que se utiliza en medicina y antropología forense para designar los cuerpos de personas cuya identidad se desconoce. De forma similar en inglés el término *No name*, significa, no tiene nombre o sin nombre.

Sin duda alguna, el conflicto armado que vive Colombia desde hace varias décadas ha ocasionado fenómenos de secuestro y posterior desaparición forzada de personas, destierro y muertes violentas; hechos que han llevado a presentar una alta incidencia de los individuos NN. Dado que el desarraigo, consecuencia del control territorial que ejercen los grupos armados, ha generado desplazamientos masivos, especialmente de campesinos hacia las principales ciudades; actualmente, también se ha acuñado el término NN, a personas vivas, cuya identidad es desconocida, porque carecen de documentos de identificación, lo que lleva a una “desprotección”, por parte del Estado de sus derechos fundamentales. Detrás de cada desaparición forzada y de cada NN hay una historia de tragedia humana, causando un gran sufrimiento a los familiares y a las comunidades que tienen un profundo impacto psicosocial, tanto en las víctimas directas como en sus familiares, quienes se enfrentan a la incertidumbre sobre el destino y la situación de sus seres queridos; además de la imposibilidad de realizar sus rituales funerarios, según su contexto cultural.

No obstante, y a pesar que Colombia vive un conflicto armado desde hace más de 50 años, puede decirse que el fenómeno social de los NN o desapariciones forzadas emergió en la década de los 80, con el surgimiento del narcotráfico y creció de manera alarmante a punto que el Estado y sus organismos de investigación criminal han debido establecer leyes, normas y crear centros de identificación de personas desaparecidas, vivas o muertas.

Sólo hasta el año 2000 con la Ley 589, la desaparición forzada comenzó a ser un delito considerado y documentado por los organismos judiciales, con la cual se creó la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas Desaparecidas, encargada de apoyar y promover la investigación del

delito de desaparición forzada. Posteriormente con la Ley 971 de 2005, se reglamentó el Mecanismo de Búsqueda Urgente de Personas Desaparecidas, en el artículo 5°, inciso 4, que ordena a los funcionarios judiciales quienes hayan activado este mecanismo, informar de inmediato sobre dicha activación a la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas Desaparecidas, para que se realicen las confrontaciones de datos que fueren pertinentes, a fin de recopilar información útil para el hallazgo de la víctima.

En este mismo año, se creó la Ley 975, llamada “Ley de Justicia y Paz”, la cual buscaba algunas medidas para incidir en el tratamiento de las desapariciones forzadas en Colombia; con esta Ley se creó una unidad especial de la Fiscalía: la Unidad de Justicia y Paz, dedicada a investigar crímenes cometidos por paramilitares, verificar sus confesiones y realizar exhumaciones, con el fin de identificar los cuerpos por los métodos fehacientes establecidos en la Ley Colombiana como son, en su orden, las huellas dactilares, la carta dental y el perfil de ADN («Código de Procedimiento Penal. Ley 906/2004 - Parte 9», s. f.).

Ahora bien, ¿Cuántas personas desaparecidas hay en Colombia? la respuesta a esta pregunta nadie la tiene con certeza. El no reconocimiento de este delito antes del año 2000, su registro como secuestro simple u homicidio, el temor a denunciar por parte de los familiares y la persecución contra las organizaciones de víctimas que se dedicaron a investigar estos casos, han llevado a no tener datos claros sobre la magnitud de este crimen contra la humanidad (Corporación Jurídica Libertad, 2010). De acuerdo con un informe publicado con ocasión del día Internacional de los Derechos Humanos, Colombia presenta uno de los más altos niveles de desapariciones forzadas en el mundo. El reporte elaborado por el Grupo de Trabajo sobre Asuntos Latinoamericanos y la Oficina en los Estados Unidos sobre Colombia, cita al mes de noviembre de 2010, que las estadísticas oficiales del gobierno de Colombia registran más de 51.000 desaparecidos, cifra que incluye a personas que podrían estar vivas; en tanto que la Fiscalía General de la Nación habla de más de 32.000 “desapariciones forzadas” (Haugaard & Nicholls, 2010). Para el año 2011, el Defensor del Pueblo, Volmar Pérez, reportó más de 60.000 desaparecidos desde el año 1942, a su vez destacó que Colombia es una de las naciones con mayor número de desaparecidos en el mundo («En

Colombia hay más de 60.000 casos de desaparecidos | EL ESPECTADOR.COM», 2011). Estos datos incluyen a los denominados como “falsos positivos” (civiles asesinados y presentados por las fuerzas de seguridad como víctimas guerrilleras caídas en combate); conocido también como “ejecuciones extrajudiciales”.

Ante estas cifras tan alarmantes de desaparición forzada de personas, el Estado Colombiano ha avanzado en forma muy lenta en la identificación de cuerpos NN.a 31 de mayo de 2014, de 5551 cuerpos exhumados solo han sido identificados y entregados a sus familiares 2546 (Fiscalía General de la Nación de Colombia, 2014). Estamos ante el 54% de cuerpos sin identificar. Queda entonces la pregunta: ¿Qué sucede con el resto de los cuerpos exhumados? ¿Por qué no han sido identificados?... Es bien sabido que las características del ADN presente en los restos óseos, como son la calidad y cantidad, pueden estar afectadas por varias circunstancias como el lugar de enterramiento, la humedad y la temperatura, los microorganismos, sustancias químicas propias de los suelos y el tiempo que lleva sepultado el cuerpo, entre otros. Esto conlleva a que finalmente en la muestra biológica se pueden presentar sustancias que inhiben procesos posteriores de análisis del ADN como la amplificación o PCR (Polymerase Chain Reaction); por otra parte, la molécula de ADN en la muestra puede presentar un alto grado de degradación o fragmentación, lo que en la mayoría de los casos no permite obtener un perfil genético completo con los marcadores genéticos autosómicos tipo micro satélites o STRs (Short Tandem Repeats), de uso masivo en la actualidad. Con el avance de la ciencia y la tecnología, en los últimos años se están desarrollando otro tipo de marcadores a nivel de ADN, como son los SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) y los indels (Inserciones - Deleciones). Estos últimos, son de mayor utilidad en muestras que presentan degradación o poca cantidad de ADN, ya que el producto de amplificación es más pequeño y requieren menos cantidad de muestra o ADN blanco para el análisis; hecho que comúnmente se presenta en las evidencias forenses.

En general, los restos óseos son considerados dentro del área forense como “muestras difíciles”, ya que presentan dificultades en el análisis técnico- científico a nivel de laboratorio, especialmente relacionado con investigaciones en el ADN. Actualmente, los marcadores genéticos

Indels, pretenden ser la mejor propuesta para complementar el análisis de este tipo de muestras debido a su tamaño pequeño, que permite el análisis de muestras con poco molde de ADN y/o que han sufrido procesos de degradación del material genético; además de contar con una metodología técnica y un análisis muy sencillo.

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar los polimorfismos inserción/delección - indels autosómicos como una herramienta genética para complementar la identificación plena de individuos NN en Colombia y generar una base de datos de frecuencias alélicas como instrumento estadístico para los laboratorios forenses en Colombia que realizan pruebas de criminalística y/o filiación. Para lograr este objetivo se analizaron poblaciones de 9 departamentos del territorio colombiano, con el fin de establecer los parámetros genético-poblacionales para la identificación de individuos; y se hizo un estudio de casos en los que se aplicaron los marcadores genéticos Indels para la identificación de los NN.

El presente estudio, está adscrito a la línea de investigación Criminología, Criminalística y Policía Judicial: Investigación forense de los delitos, de la Escuela de Investigación Criminal - ESINC- de la Policía Nacional, y se desarrolla mediante tres capítulos en los que inicialmente se hace un recorrido sobre la evolución histórica de las pruebas biológicas para identificación humana, continuando en una descripción de los marcadores genéticos que se utilizan actualmente y finalizando en un tercer capítulo, donde se hace un análisis estadístico a nivel poblacional y forense para dejar una base de datos como soporte para la valoración estadística de las pruebas de ADN que realizan los Laboratorios de Genética Forense en Colombia y se demuestra la aplicabilidad e importancia de los marcadores genéticos Indels en muestras con dificultades analíticas como los restos óseos.

Capítulo I

1. Delimitación del ejercicio de la monografía

1.2. La identificación humana en genética forense: historia y evolución de las pruebas biológicas

La genética forense es una especialidad de la cual incluye un conjunto de conocimientos, basados en el análisis del material genético, ADN, necesarios para resolver problemas jurídicos, tanto en la investigación criminal como en la investigación de la filiación y el parentesco.

El desarrollo de la genética forense se dio a principios del siglo XX cuando Karl Landesteiner en el año 1900, desarrolla la Hemogenética Forense, basada en el descubrimiento de los antígenos ABO del sistema sanguíneo (antígenos tipo A o tipo B asociados a la superficie de los glóbulos rojos) (Hosoi, 2008) y cuando varios años después, hacia 1915, la comunidad científica reconoció y aceptó que la forma de heredar dichos antígenos, seguía un patrón descrito a fines del siglo XIX por Gregor Mendel en sus experimentos con vegetales (Bowler, 2004).

El sistema ABO se descubrió por su rol en las reacciones post- transfusionales. Por varios años fue la única herramienta biológica a la que se podía recurrir para tratar de dilucidar casos de paternidad. La limitante del sistema ABO era y sigue siendo, el bajo polimorfismo del sistema, es decir la escasa cantidad de variantes existentes distribuidas en la población. Este hecho, sumado a la predominancia de algunos tipos sobre otros, hacía que la utilidad del sistema se limitara a un bajo porcentaje de casos en los que a través del análisis, era posible excluir a una persona como padre biológico de otra (Toscanini, 2010).

Es importante mencionar que entre los años 1930 y 1970 ocurrieron avances significativos, pues Levine y Stetson en 1939 descubrieron el sistema Rh y en años sucesivos, nuevos subgrupos sanguíneos con una proporción significativa de variantes alélicas en la población, empezaron a ser descritos, como el MNSs o Duffy; sin embargo, la metodología disponible hasta entonces, no hacía posible designar los casos de inclu-

sión con un grado de certeza importante, contrario a lo que sucedía con los casos de exclusión, donde la certeza era del 100%.

La aparición de polimorfismos proteicos y enzimáticos de eritrocitos y leucocitos analizados por técnicas electroforéticas dispuso, principalmente a partir de 1960, el uso de marcadores más informativos y objetivos. La introducción de los antígenos del sistema mayor de histocompatibilidad, HLA (Human Leukocyte Antigen) (Dausset, 2002), descubierto en la década de 1950 por su papel en el rechazo de trasplantes de órganos y recién en la década de 1970 comenzó a utilizarse como prueba en casos de paternidad (Toscanini, 2010), lo que permitió un método más confiable para el análisis de filiaciones e identificaciones biológicas. La ventaja que aportó el sistema HLA radica en el elevado polimorfismo que presenta; solamente la tipificación HLA por métodos serológicos mostraba una probabilidad de exclusión de entre 80 y 95%. Combinando los sistemas de grupos eritrocitarios, enzimas eritrocitarias, proteínas séricas y HLA resultaba posible alcanzar una probabilidad de exclusión acumulada de un 98-99% (Toscanini, 2010).

Sin embargo tanto los antígenos HLA como los anteriores marcadores genéticos, presentaban grandes limitaciones cuando se trataba de analizar muestras degradadas o en mínima cantidad, lo que sucede con mucha frecuencia en el análisis de evidencias de carácter forense.

Pero fue a mediados del siglo pasado cuando gracias al descubrimiento de la estructura del DNA por James Watson y Francis Crick, que combinado con las técnicas de la Hemo genética Forense, evolucionó hasta la creación de una nueva disciplina: La Genética Forense, dedicada al estudio particular, no ya de la transmisibilidad genética sanguínea, sino al estudio de regiones particulares del ADN, que presentan una notable variabilidad entre individuos, con probabilidad casi nula de coincidencia entre dos de ellos (Albarellos, 2011).

En 1985 el genetista inglés Alec Jeffreys describe el método conocido como “DNA fingerprinting” (huella digital genética) y luego de ello aparecen los primeros sistemas de identificación humana mediante el análisis de polimorfismos del ADN (Toscanini, 2010), posibilitando el análisis de mayor cantidad de sitios que exhiben una gran cantidad de variantes

a lo largo de todo el genoma; los cuales se heredan potencialmente en forma clásica mendeliana, evitan cualquier complicación dada la dominancia y recesividad de algunos caracteres fenotípicos, ofrecen una gran estabilidad en el tiempo y resistencia a la temperatura, a diferencia de los marcadores proteicos y se distribuyen en todas las células nucleadas del cuerpo, en muestras de diverso origen como, fluidos corporales: sangre, semen, saliva; o tejidos, como músculo, huesos, pelos; aún después de años de conservación en condiciones variables (Lorente, 2004). El primer método de rutina utilizado para identificación humana fue la tipificación de loci VNTR (variable number of tandem repeat) por análisis de RFLP (restriction fragment length polymorphism); estos marcadores tenían muy alto poder de discriminación, pero requerían cantidades de ADN molde entre 10-15 ng, que necesitaba estar intacto y con fragmentos largos de hasta 10.000pb, para obtener una tipificación exitosa (Budowle & Van Daal, 2008).

Los análisis por RFLP fueron remplazados hace más de una década por uno de los principales avances a nivel molecular en la detección del ADN que se dio en mediados de la década de 1980, con el descubrimiento de la reacción en cadena de la polimerasa o PCR por el bioquímico estadounidense Kary Mullis (Mullis et al., 1986), esta técnica ha supuesto una auténtica revolución en el mundo de la Biología Molecular, lo que le valió a su inventor el premio Nobel en 1993. Consiste en realizar mediante reacciones químicas a diferentes temperaturas, la amplificación millones de veces de una región o marcador del genoma. Inicialmente se trabajó una técnica muy manual, en la que el operador debía controlar los cambios de temperatura en cada ciclo de la PCR y la detección se realizaba por electroforesis en gel. Actualmente, mediante un colorante o fluorocromo y con equipos como los termocicladores para la PCR y los analizadores genéticos para la detección mediante electroforesis capilar, se ha permitido la automatización del proceso, generando una reducción significativa en el tiempo de análisis y la obtención de perfiles genéticos a partir de muestras cada vez más pequeñas. Hoy en día es posible obtener el perfil genético de una persona con tan solo unas 10 o 15 células, mucho menos de lo que podría encontrarse por ejemplo, en los restos de saliva depositados sobre una colilla de un cigarrillo (Toscanini, 2010); incluso, investigadores de la Universidad de Harvard han demostrado la amplificación de ADN de un genoma casi completo

(93%, por ahora) a partir de una sola célula mediante una técnica denominada MALBAC (Multiple Annealing and Looping-based Amplification Cycles) (Zong et al., 2012), esta técnica ofrece potencial para tratamientos contra el cáncer permitiendo a los médicos obtener la huella genética del cáncer de una persona a partir de las células que lo circundan. También podría conducir a pruebas prenatales más seguras para detección de enfermedades genéticas y por supuesto las aplicaciones a nivel forense serán de gran utilidad. Adicionalmente, ya se encuentran en el mercado una variedad de kits comerciales que ofrecen amplificación del genoma a partir de una sola célula, como por ejemplo GenomePlex® Single Cell Whole Genome Amplification Kit (SIGMA - ALDRICH), Ampli1™ WGA Kit (Silicon biosystems), entre otros.

Actualmente los laboratorios forenses extraen ADN de manera exitosa de muchos tipos de muestras forenses: la sangre, el semen, la saliva y el sudor depositado en varios sustratos, incluyendo la ropa, cigarrillos, sellos, envases, goma de mascar, y mascarillas; hisopados vaginales de una víctima de violación; diversos tejidos de restos humanos y posibles muestras de referencia de artículos personales, tales como cepillos de pelo, cepillos de dientes y cuchillas de afeitar, que pueden ser útiles en la identificación de restos mortales desconocidos (Budowle & Van Daal, 2008).

Hace trece años, el primer borrador de la secuencia del ADN del genoma humano, marcó el inicio de una nueva era que trajo nuevos conocimientos sobre el contenido y la disposición de la secuencia del ADN en la célula. El genoma haploide humano contiene alrededor de 3.2×10^9 bases, de las cuales solamente una fracción pequeña es ADN codificante (alrededor de 2%), mientras que la gran mayoría representa ADN no codificante, incluyendo las regiones intrónicas de genes, heterocromatina y un número extenso de secuencias repetitivas (Pereira, 2011). El ser humano comparte aproximadamente 97-99% del código genético y la información genética restante determina las diferencias individuales. Estas diferencias naturales, llamadas polimorfismos, ayudan a explicar la diversidad en la apariencia, la susceptibilidad a las enfermedades y las respuestas al medio ambiente, entre otros (Mills et al., 2006), estos polimorfismos genéticos son los que actualmente son objeto de análisis, desde el punto de vista de la investigación forense, por medio de los

marcadores STRs, sin embargo, el futuro no da espera y la comunidad forense, a la vanguardia de la tecnología, está implementando nuevos marcadores genéticos como los polimorfismos de un solo nucleótido, SNPs y polimorfismos inserción-delección, Indels.

1.3. Marcadores Genéticos STRs

Los polimorfismos STRs, son hoy los marcadores de elección en los Laboratorios de Genética Forense tanto para identificación, como filiación humana (J M Butler, 2005; Carracedo & Sánchez-Diz, 2005); especialmente los STRs autosómicos debido a su alta variabilidad, a que son eminentemente multialélicos y tienen un modo de herencia biparental y su expresión codominante; por otro lado, los STRs de los cromosomas sexuales, cuyos marcadores están localizados en las regiones no recombinantes, debido a las propiedades de transmisión genética que presentan, constituyen una herramienta muy importante en el campo de la identificación genética en determinadas circunstancias. Otra característica que ha favorecido el uso masivo de los STRs en la identificación genética es la facilidad del análisis técnico con el uso de PCR y electroforesis capilar, además de la disponibilidad actual de gran cantidad de kit multiplex que permiten amplificar más de 16 loci en una sola reacción.

Puesto que los STRs se encuentran entre los loci más polimórficos en el genoma, han sido especialmente útiles en los estudios genéticos poblacionales, para la caracterización de la estructura y la historia demográfica de las poblaciones humanas (Rosenberg et al., 2005; Tishkoff et al., 2009).

El descubrimiento de los STRs en 1989 (Weber & May, 1989), abrió unas enormes posibilidades a este campo. Sus ventajas eran notables ya que ofrecían junto a pequeños tamaños (y por lo tanto más resistencia a la degradación), un buen poder de discriminación; entre otras ventajas podemos mencionar (Toscanini, 2010):

Elevado poder de discriminación (usualmente mayor que 0,9) y con una heterocigosis observada superior al 70%.

Localización cromosómica distante o, idealmente, en cromosomas distintos para asegurar una segregación independiente.

Robustez y reproducibilidad de resultados en PCR multiplex.

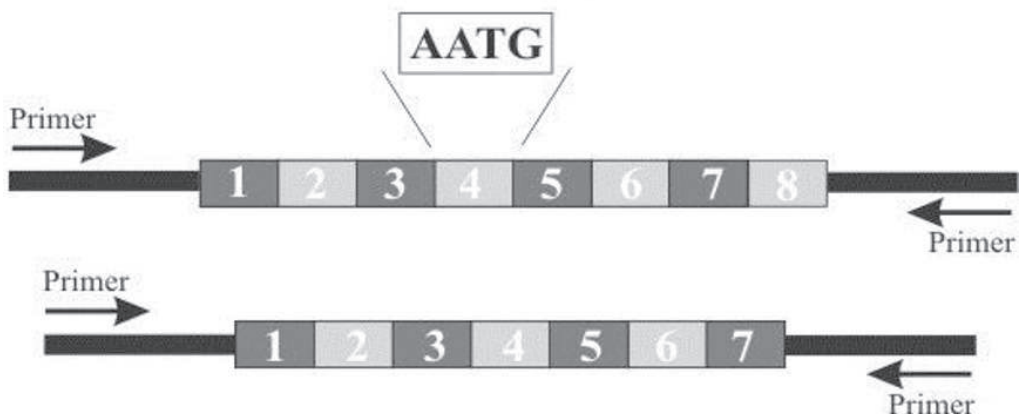
Baja tasa de mutación.

Bajo nivel de artefactos (“stutters”).

Producción de fragmentos de PCR menor a 500 pares de bases para lograr un mejor rendimiento en muestras con ADN degradado.

Los STRs (Short tandem repeats), también llamados microsatélites o secuencias de repetición simple (SSRs), consisten en fragmentos con unidades de repetición entre 2 y 6 nucleótidos de longitud. Las secuencias de repetición de un STR son nombradas de acuerdo a la longitud de la unidad de repetición: di-nucleótidos, tri-nucleótidos y tetra-nucleótidos; repeticiones de dos, tres y cuatro nucleótidos, respectivamente (John M. Butler, 2005). El número total de repeticiones en un locus puede variar entre 7 a más de 30 unidades de repetición.

Figura 1. Esquema de un STR.
Short Tandem Repeats



Fuente: <http://nitro.biosci.arizona.edu/courses/EEB208/Lecture08/Lecture08.html>

La optimización de las condiciones de amplificación con la técnica in vitro de PCR multiplex (permite amplificar varios sistemas STR simul-

táneamente a partir de la misma muestra) (Budowle & Van Daal, 2008), en combinación con métodos de detección de fluorescencia láser, han aumentado la sensibilidad y disminución del umbral de detección de hasta aproximadamente 100 pico gramos (pg.), generando amplicones con un rango de peso molecular entre 100 y 450 pares de bases (pb) (Senge, et al., 2011).

Sin embargo, una de las exigencias para obtener un perfil genético a partir de un ADN blanco es la calidad de este último, ya que debido al tamaño de los fragmentos STRs, se puede ver limitado el éxito en la tipificación por el nivel de degradación del ADN, causada por factores medioambientales, lo cual lleva a obtener artefactos de amplificación preferencial, perfiles genéticos incompletos, pérdida alélica (Allelic Drop out), ganancia alélica (Allelic Drop in), o incluso resultados negativos, que reducen el nivel de confianza en la estadística para concluir los casos según los criterios de calidad establecidos en el análisis de este tipo de muestras (Burgos, 2012; John M. Butler, 2005; Coble & Butler, 2005). Para análisis de criminalística donde las muestras forenses usualmente no cumplen las características ideales para tipificarse con STRs, se prefiere usar los llamados miniSTRs, que se caracterizan por su pequeño tamaño, menos de 200 bp, pues este es inversamente proporcional a la degradación del ADN, para lo cual se han diseñado primers selectivos, que se localizan más cerca de la unidad de repetición del STR, reduciendo, finalmente el tamaño del amplicón o producto de PCR (Senge et al., 2011). Dada la utilidad de los miniSTRs para el análisis genético forense, especialmente en muestras como restos humanos, la comunidad científica ha desarrollado nuevos multiplex con estos miniSTRs denominados “miniplex”, sobre la base de marcadores genéticamente estandarizados y consensuados en la base de datos CODIS (Combined DNA Index Sistem), uno de los primeros miniplex fue desarrollado por el NIST (National Institute of Standards and Technology) (John M Butler et al., 2003).

1.4. Marcadores genéticos SNPs

Los SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) son la forma más sencilla de polimorfismo genético, ya que consisten en sustituciones, inserciones o deleciones de una sola base que ocurren en una sola posición del

genoma de cualquier organismo (Budowle & Van Daal, 2008). Se distribuyen de manera heterogénea por todo el genoma y se encuentran tanto en las regiones codificantes (exones) como no codificantes (intrones y región promotora).

Un SNP es un cambio, mutación o una pequeña variación que puede ocurrir en la secuencia de ADN de una persona, aproximadamente el 85% de la variación humana se debe a los SNPs (Budowle & Van Daal, 2008).

El código genético es específico, formado por cuatro nucleótidos o “letras”, A (adenina), C (citosa), T (timina) y G (guanina); las variaciones SNP, ocurren cuando un solo nucleótido, como una A, reemplaza uno de los otros tres, C, G o T.

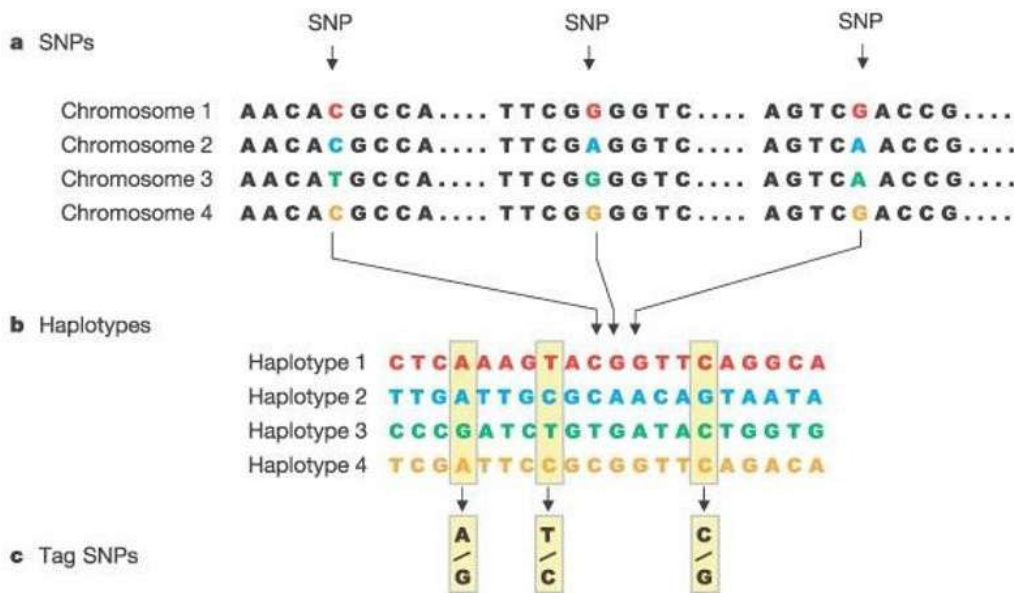


Figura 2. Esquema de un SNP

Fuente: <http://hapmap.ncbi.nlm.nih.gov/whatishapmap.html.en>

En los últimos años, la mayoría de los proyectos de investigación de polimorfismos se han centrado en el análisis de SNPs, prueba de ello fue la creación en 1999 del Consorcio SNP (TSC) que se estableció como una colaboración de varias empresas e instituciones para producir un recurso o fuente de información pública de SNPs en el genoma humano.

El objetivo inicial era descubrir 300.000 SNPs en dos años, pero el resultado final superó los 1.4 millones, que fueron liberados al dominio público a finales de 2001 (Thorisson & Stein, 2003). Por otro lado, se creó el Proyecto Internacional HapMap (International HapMap Project) («HapMap Homepage», s. f.), (Sobrinho et al., 2005), un mapa de más de 10 millones de SNPs procedentes de diversas personas en todo el mundo, donde se han identificado SNPs en genes específicos, en cromosomas enteros y en todo el genoma humano (Mills et al., 2006). El HapMap es un catálogo de variantes genéticas comunes que se producen en los seres humanos. Describe lo que estas variantes son, dónde se producen en nuestro ADN, y la forma en que se distribuyen entre las personas dentro de las poblaciones y entre poblaciones en diferentes partes del mundo; está diseñado para proporcionar información a los investigadores («HapMap Homepage», s. f.)

Adicionalmente, se han creado herramientas de búsqueda como el SNPforID browser, diseñada para la consulta de los datos de frecuencias alélicas y datos de estudios poblacionales de SNPs generadas por el consorcio SNPforID (<http://spsmart.cesga.es/snpforid.php>). Este mismo grupo fue el creador de un sistema multiplex de marcadores con 52 SNPs autosómicos, el 52-plex, para identificación humana (Sanchez et al., 2006). De este proyecto, se han generado paneles validados de SNPs para una variedad de aplicaciones forenses. La interfaz ha sido diseñada para ofrecer el servicio de combinación de poblaciones en grupos geográficos para la comparación visual de las poblaciones de manera individual o entre grupos definidos por el usuario y con los datos de HapMap equivalentes (Amigo et al., 2008).

Otra base de datos online de acceso libre es dbSNP del NCBI (National Center for Biotechnology Information) en www.ncbi.nlm.nih.gov/SNP, es un archivo público de todas las variaciones cortas de secuencia, no sólo sustituciones de un solo nucleótido que ocurren con suficiente frecuencia en una población, además incluye una amplia colección de variaciones genéticas simples, tales como sustituciones de nucleótidos de una sola base, deleciones o inserciones multi-base a pequeña escala y repeticiones de micro satélites. Los datos sometidos a dbSNP pueden ser de cualquier organismo, de cualquier parte de un genoma y pueden incluir datos de genotipo y frecuencia de los alelos si se dispone de ellos (Kitts et al., 2014).

Desde que los SNPs se caracterizaron, han sido elegidos para lograr

amplificar el límite más bajo en amplicones pequeños, alrededor de 40-50 pb.

Hoy en día existen numerosos métodos de genotipificación de SNPs, incluyendo el ensayo de Snapshot, nucleasa y la mini secuenciación, a su vez, se ha creado un kit que permite amplificar 52 SNPs a partir de 500pg (pico gramos) de ADN, obteniendo fragmentos entre 59 y 115pb de longitud.

Debido a estas características, se han convertido en marcadores valiosos para el análisis de ADN proveniente de muestras forenses sobre todo en los casos de ADN degradado (Senge et al., 2011), como por ejemplo, muestras óseas que han sido expuestas al fuego y posteriormente analizadas exitosamente con SNPs (Fondevila et al., 2008). Adicionalmente, en este mismo tipo de muestras se han realizado estudios comparativos entre los marcadores de rutina utilizados como los STRs, Mini STRs y los marcadores bialélicos como los SNPs y los Indels (Romanini et al., 2012; Senge et al., 2011), en los cuales, es notable la proporción superior en la que los marcadores bialélicos amplifican en comparación con los STRs y MiniSTRs. Sin embargo, una recomendación generalizada en muchos de estos estudios es que el análisis con todos estos marcadores se complemente, con el fin de obtener un mejor poder de discriminación en los análisis de valoración estadística para cada caso.

Los SNPs puede ser utilizados para varios tipos de investigaciones forenses, entre las que se pueden definir 4 categorías (Budowle & Van Daal, 2008; Kidd et al., 2012):

SNPs para identificación e individualización: Requieren una alta heterocigosidad y un bajo coeficiente de endogamia.

SNPs informativos para linaje: conjuntos de SNPs estrechamente vinculados que funcionan como marcadores de haplotipos para identificar personas desaparecidas a través de análisis de parentesco.

SNPs informativos para ancestría: para establecer una alta probabilidad de ascendencia biogeográfica de un individuo y para inferir indirectamente algunas características fenotípicas; requiriendo baja heterocigot

sidad y altos valores de Fst.

SNPs informativos para fenotipo: para establecer con una alta probabilidad que un individuo posea características fenotípicas particulares, como el color de la piel, el cabello, los ojos.

Varios autores hablan de las ventajas y desventajas de los SNPs (Budowle & Van Daal, 2008; Kidd et al., 2006, 2012; Lindholm et al., 2004; Sobrino et al., 2005).

Ventajas:

Los SNPs tienen muy baja tasa de mutación, estimada en aproximadamente 10⁻⁸, por lo que son útiles para estudiar la evolución genética de poblaciones humanas.

Son abundantes en el genoma humano, aproximadamente 1 SNP por cada 1000 pares de bases.

Tienen el potencial de ser tipificados de forma automatizada.

Se obtienen ampliaciones de tamaños pequeños: en un rango entre 45-55 pares de bases; muy valioso cuando las muestras de ADN estén degradadas.

Pueden ser multiplexados: utilidad en muestras que pueden tener ADN degradado, especialmente las provenientes de desastres en masa y personas desaparecidas.

Desventajas:

Baja capacidad para detectar mezclas, debido al número limitado de alelos por locus.

Al ser bialélicos son menos informativos que los microsatélites, lo que genera la necesidad de un conjunto de marcadores de 4 veces más que los STRs, para lograr el mismo poder de discriminación.

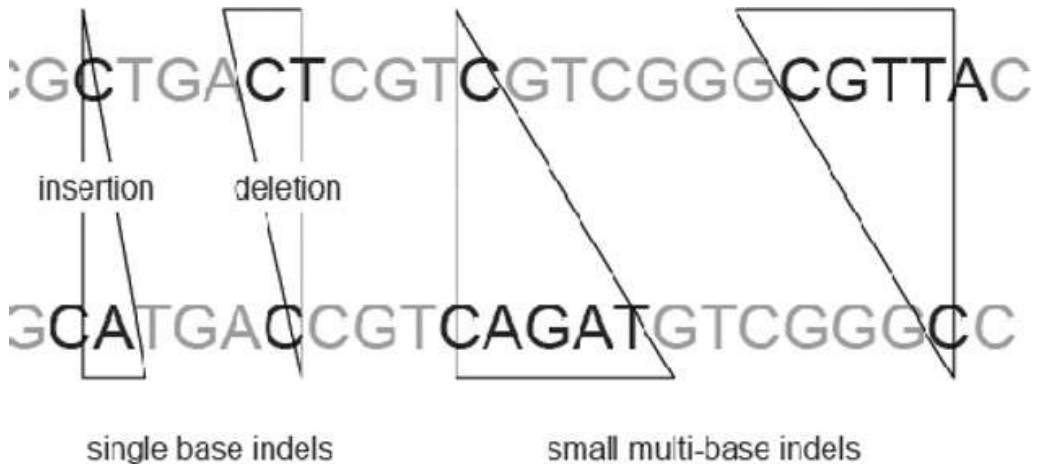
Algunas de las desventajas iniciales con los SNPs, para la identificación de individuos se están resolviendo (Børsting et al., 2009); además de investigaciones realizadas en mezclas, que demuestran la efectividad de los SNPs (Westen et al., 2009); y el desarrollo de ensayos multiplex para la identificación de individuos (Pakstis et al., 2010; Tomas et al., 2011).

Los avances en investigaciones de SNPs, han planteado la posibilidad que estos marcadores podrían remplazar el uso de los STRs en el área forense, pues son varios los estudios comparativos que se han realizado entre estos dos tipos de marcadores genéticos (Amorim & Pereira, 2005; Børsting et al., 2009; Freire-Aradas et al., 2012; Lee et al., 2012; Pinto et al., 2013), entre otros.

A pesar de la comprobada mejora de los resultados obtenidos con ADN degradado y de su utilidad como herramienta complementaria en las investigaciones de parentesco, la implementación y uso de ensayos de SNPs en laboratorios forenses es limitada, debido principalmente a lo laborioso del análisis y a la necesidad de implementar nuevas tecnologías de genotipificación (Pereira, 2011).

1.5. Marcadores genéticos indels: una herramienta en la identificación humana

Los polimorfismos de inserción-delección (Indels) son variaciones de longitud de la cadena de ADN creados por la inserción o delección de uno o más nucleótidos en la secuencia del genoma. Comprenden alrededor del 20% de todos los polimorfismos existentes en el ADN humano (Mills et al., 2006; Weber et al., 2002) y son marcadores derivados normalmente de un único evento de mutación. Por su naturaleza, estas mutaciones crean polimorfismos con dos estados alélicos (ancestral y mutante) y se denominan polimorfismos binarios o bialélicos (Pereira & Gusmão, 2012). Estudios sugieren que los dos tipos de mutaciones, inserciones o delecciones, son causadas, al menos en parte, por distintos mecanismos moleculares (Kvikstad et al., 2009); en contraste, otros autores atribuyen los indels a errores slippage de replicación (Ball et al., 2005; Messer & Arndt, 2007).



Indels

Figura 3. Esquema de Polimorfismo Inserción/delección.

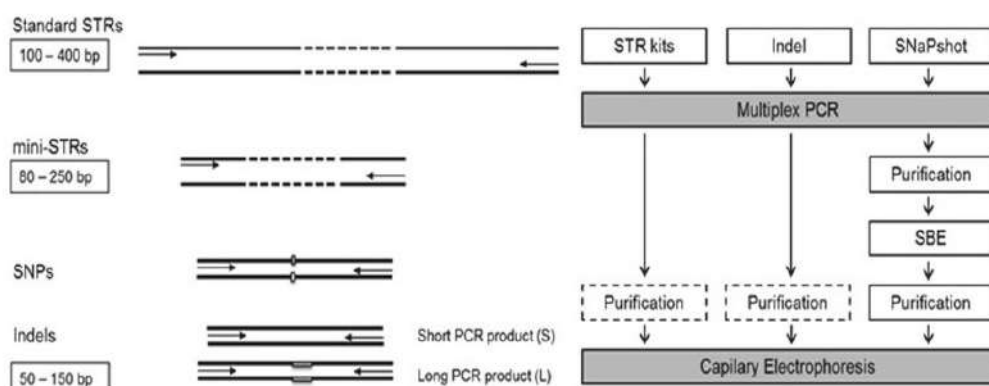
Tomado de la presentación: Bi-allelic markers in forensic and population genetics:- Single Nucleotide Polymorphisms - Insertion / Deletion Polymorphisms de Rui Pereira. Desarrollada en el marco de II Curso internacional teórico-práctico en genética de poblaciones y filiaciones biológicas. Medellín Julio de 2009.

Estos marcadores genéticos presentan una diversidad genética menor que los STRs, lo cual es una desventaja para las aplicaciones forenses, pero también tienen varias características deseables como marcadores genéticos en este campo (Pereira & Gusmão, 2012).

Su baja tasa de mutación, 2.3×10^{-9} (Nachman & Crowell, 2000; Pimenta & Pena, 2010), los hace muy útiles para análisis en pruebas forenses y de paternidad. Los Indels combinan ventajas de los STRs y los SNPs, ya que este tipo de polimorfismos, como los SNPs, presentan bajas tasas de mutación y pueden ser analizados utilizando amplicones pequeños, con técnicas simples y similares a las utilizadas de rutina para los STRs (Fondevila et al., 2012; F. Manta et al., 2012). Una de las principales ventajas de utilización

de los Indels como marcadores para identificación, es precisamente el tamaño de los amplicones generados (entre 50-150pb), lo que hace una gran diferencia al analizar muestras degradadas o difíciles como los restos óseos (Pereira et al., 2009; Romanini et al., 2012), comparado a los marcadores genéticos que actualmente se utilizan, como los STRs, cuyos amplicones oscilan aproximadamente entre 100-400pb.

Figura 4. Combinación de características de los Indels con marcadores genéticos más usados en el área forense.



Fuente: tomado de (Pereira &Gusmão, 2012)

El comienzo del siglo XXI, aunado al desarrollo que se había dado con la secuencia del genoma humano, trajo consigo el interés de los científicos en el descubrimiento de nuevas variantes genéticas en las poblaciones humanas, proporcionando el avance de nuevos marcadores genéticos como los Indels, para determinaciones de individualidad, incluyendo características como la susceptibilidad a enfermedades y la respuesta a fármacos.

El primer estudio a gran escala para identificar Indels en el genoma humano fue focalizado en el cromosoma 22. Se determinó que el 18% de las variaciones genéticas en este cromosoma, se deben a polimorfismos Indels. (Dawson et al., 2001; Mullikin et al., 2000). Basado en estas estimaciones y en estudios presentados posteriormente, se considera que los Indels representan la

segunda variación genética humana más abundante, después de los SNPs, con aproximadamente un 79% para los SNPs y entre 20 y 21% para los Indels (Mullaney et al., 2010; Weber et al., 2002; Zidkova et al., 2013).

En el año 2002 se reportó la identificación y caracterización de 2000 polimorfismos Indels, distribuidos a lo largo de todo el genoma humano, bien como sus distribuciones alélicas en diferentes grupos de población humana. El 71% de los Indels presentaron 2, 3 o 4 nucleótidos de longitud y sólo un 4% tenían más de 16 nucleótidos de longitud (Weber et al., 2002). Estos marcadores son fácilmente tipificados y pueden ser de gran utilidad en estudios de identificación humana (J M Butler, 2005; Weber et al., 2002).

Para el año 2006, el Dr. Ryan Mills y colaboradores, utilizando un enfoque computacional para reexaminar secuencias de ADN que originalmente fueron generados por proyectos de SNPs, hacen un reporte inicial del mapa de indels, considerando que el genoma humano contiene más de 415.436 polimorfismos únicos, sin embargo, teniendo en cuenta una base de datos de aproximadamente 10 millones de SNPs, se proyectó el descubrimiento de 1,6 a 2,5 millones polimorfismos Indels (Mills et al., 2006). Durante esta misma investigación, se identificaron y clasificaron cinco grandes categorías de los Indels, en función de su efecto sobre el genoma:

- a) Inserciones o deleciones de un sólo par de bases.
- b) Expansiones monoméricas de pares de bases.
- c) Expansiones Multi-base, de 2-15 unidades de repetición.
- d) Inserciones de transposones (inserciones de elementos móviles).
- e) Indel con secuencia aleatoria (random) de ADN con un rango de 2 a 9.989 pb de longitud.

Las inserciones o deleciones de un sólo par de bases representan aproximadamente una tercera parte (29,1%) de todos los indels. La mayoría (84%) de éstos indels fueron los pares de bases A:T y T: A. Las expansiones monoméricas de pares de bases y las expansiones multi- base, representan también casi una tercera parte

(29.5%) de los indels estudiados. Esta última categoría incluye la expansión de las repeticiones (CA)_n, que son comúnmente usadas como marcadores genéticos y las repeticiones de tri-nucleótidos que han sido relacionadas como causantes de enfermedades. Adicionalmente, en las expansiones de repetición se identificó que fueron causadas por inserción de transposones de Novo. En general, éstos representan una pequeña fracción de los indels (0.59%). La proporción restante de indels (40.8%), pertenece a la última categoría, Indel con secuencia aleatoria (random) de ADN, de los cuales, más del 99% tienen una longitud inferior a 100pb (Mills et al., 2006).

Tabla 1. Clasificación de los Indels.

INDEL Class	
Single bases (29.1%)	120,938
A	50,556
T	50,621
C	9816
G	9945
Repeat Expansions (29.5%)	122,458
Monomeric (4/4)	77,047
(A) _n	36,978
(T) _n	36,972
(C) _n	1576
(G) _n	1521
Dimeric (12/12)	29,460
(AC) _n	4727
(GT) _n	4578
(TG) _n	4142
(CA) _n	4032
(TA) _n	4385
(AT) _n	4553

(AT)n	4553
(CT)n	698
(AG)n	699
(GA)n	741
(TC)n	808
(GC)n	56
(CG)n	41
Trimeric (56/60)	5454
(AAT)n	810
(TTA)n	703
(ATT)n	427
(TAA)n	357
(AAG)n	325
(TTC)n	334
(TAT)n	297
(AAC)n	246
(ATA)n	288
(TTG)n	245
(CAA)n	117
Other (NNN)n	1309
Tetrameric (176/252)	7456
Pentameric (237/1020)	1456
Hexameric (227/4092)	558
Heptameric (152/16,380)	293
Octameric (150/65,532)	325
Nonameric (98/262,140)	205
Decameric (110/1,048,572)	204

Fuente: Tomado de (Mills et al., 2006)

Desde los trabajos de Weber (2002) y Mills (2006), un número de investigaciones han sido llevadas a cabo con marcadores genéticos Indels, para un amplio rango de propósitos:

Estudios dirigidos a la estructura genética de las poblaciones humanas:

(Bastos-Rodríguez et al., 2006; Rosenberg et al., 2005; Tishkoff et al., 2009).

Estudios de ancestría: La estimación de la proporción de ancestría en poblaciones mezcladas y evaluación de la estructura de la población en estudios de asociación (Pereira et al., 2012; Santos et al., 2010; Yang et al., 2005).

Uso de marcadores genéticos en poblaciones naturales: (Väli et al., 2008). Para el año 2011, otra investigación de Dr. Mills y colaboradores reportó que se han identificado casi 2 millones de pequeños indels, de los cuales, más de 800.000 fueron mapeados en genes, por lo que es probable que estos últimos contribuyan a una gran diversidad fenotípica y enfermedades humanas. También se desarrolló un microarray, basado tecnologías de genotipificación de Indels, para estudiar poblaciones humanas diversas. Aproximadamente el 99% de los indels analizados corresponden a tamaños alélicos entre 1 pb y 100 pb de longitud. Es importante resaltar que un gran número de estos indels, se encuentran en desequilibrio de Ligamiento (LD) con SNPs que han sido previamente estudiados por GWAS (Genome-wide association studies) (Mills et al., 2011).

Sin embargo, actualmente se considera que el número exacto de Indels en el genoma humano es desconocido, debido a que los resultados han variado entre los diferentes estudios (Ver tabla 2); una causa de esto pueden ser las variadas técnicas utilizadas para la detección de los Indels (Zidkova et al., 2013).

Tabla 2. Descubrimiento de Indels en poblaciones humanas y genomas personales.

Study	Year	No. of INDELS	Individual(s)	Method	INDEL size range (bp)	Validation study ^a	Rate (%)
Human populations							
Mullikin <i>et al.</i> (23)	2000	NR ^b	31	ABI trace mapping	NR	ND	N/A
Dawson <i>et al.</i> (24)	2001	2180	9 ^c	BAC overlap	NR	PCR/RFLP/invader	92
Weber <i>et al.</i> (13)	2002	2009	NR	Various	2–55	PCR	58
Bhangale <i>et al.</i> (14)	2005	2393	137	PCR/sequencing	1–543	ND	N/A
Bhangale <i>et al.</i> (25)	2006	1126	ENCODE	PCR/sequencing	1 to 30	Manual inspection	100
Mills <i>et al.</i> (15)	2006	415 436	36	ABI trace mapping	1–9659	PCR	97
Kidd <i>et al.</i> (22)	2008	796 273	8	ABI trace mapping	1–100	ND ^d	96
R.E. Mills <i>et al.</i> (submitted for publication)	2010	1.96 million	79 ^e	ABI trace mapping	1–10 000	PCR ^f	97
Personal human genomes							
Levy <i>et al.</i> (1)	2007	823 396	Venter	ABI	1–82 711	PCR	84–100 ^g
Wheeler <i>et al.</i> (2)	2008	222 718	Watson	454	2–38 896	PCR	70 ^h
Wang <i>et al.</i> (3)	2008	135 262	Han Chinese	Illumina/SOAP	1–3	PCR	90–100
Bentley <i>et al.</i> (4)	2008	406 000	Yoruban	Illumina/ELAND/MAQ	1–16	ND	N/A
Lay <i>et al.</i> (5)	2008	726 ⁱ	AML	Illumina/Custom	1–20	PCR	93 ^j
Ahn <i>et al.</i> (7)	2009	342 965	Korean (SJK)	Illumina/MAQ	1–26	PCR	100 ^{k,l}
Kim <i>et al.</i> (6)	2009	170 202	Korean (AKI)	Illumina/Alpheus	1–29	Re-sequencing	100
Schuster <i>et al.</i> (8)	2010	NR	African	N/A	N/A	N/A	N/A

NR, not reported; ND, not done; N/A, not applicable.

^aDefined as a study examining a randomly selected set of INDEL variants predicted in real humans and then measuring the confirmation rate of the predicted variants using an assay such as PCR-RFLP, PCR sequencing, microarray genotyping or similar assay.^b13% of the variants were INDELS.^cBAC/PAC libraries (each representing a human).^dSSAHA-PAC, which was used to detect the INDELS, has a validation rate of 96% (46).^eNumber of humans or libraries (each library representing a human).^fThe pipeline that was developed and tested above (15) was used in this study.^g56/42 (84%) of 100–1000 bp homozygous insertions and 15/15 (100%) of 1–8 bp INDELS examined were confirmed.^hCoding INDELS only.ⁱReported as: '0.4 million' (4).^j24/26 (92%) of the candidates that were examined successfully were validated.^k0/0 (100%) of the INDELS examined were validated.**Fuente:** Tomado de (Mullaney *et al.*, 2010)

Cabe también destacar la base de datos de búsqueda online, que ha sido creada para marcadores Indel de interés forense, llamada forIndel en <http://spsmart.cesga.es/about.php?dataSet=forindel46>; es una herramienta que permite a los investigadores recolectar información genotípica de diferentes poblaciones, además de emitir los estadísticos poblacionales más comúnmente utilizados. Actualmente tiene su foco en marcadores indel informativos de ancestría (AIM-indels), pero se espera que en los próximos años se recolecten bases de datos para marcadores indel con fines de identificación autosómicos y del cromosoma X.

Con el fin de caracterizar genéticamente las poblaciones y utilizar los Indels para individualización y posterior aplicación en el área forense y filiación, se han desarrollado a lo largo de la última década, varios paneles o kits de marcadores genéticos Indels, tanto autosómicos, como del cromosoma X.

En el año 2009, se caracterizó un ensayo que consiste en 38 marcadores indels autosómicos (38 indel-plex) bialélicos, usando una sola PCR

multiplex y detectados con electroforesis capilar estándar en analizadores genéticos. Con estos marcadores se obtuvieron perfiles completos usando 0,3 ng de ADN, adicionalmente se reporta la tipificación de muestras degradadas, en las cuales el uso de STR había fallado (Pereira et al., 2009).

Posteriormente, en el año 2010, investigadores (Pimenta & Pena, 2010) utilizaron un set de 40 polimorfismos indels autosómicos (4 paneles de 10 marcadores desarrollados previamente por Bastos-Rodríguez (2006) como una nueva herramienta aplicada a pruebas de paternidad en humanos, en el cual lograron obtener un poder de exclusión de todo el panel de 99.97%, equivalente a 13 STRs del CODIS. Adicionalmente destacan la simplicidad en el análisis y el bajo costo del mismo.

Investigadores brasileños y portugueses, también en el año 2010, desarrollaron tres paneles que juntos conformaban la caracterización de 48 marcadores Indel, con el objetivo de utilizarlos en análisis de ancestría y subestructura poblacional (Santos et al., 2010), pero también con aplicación en casos de investigación criminal (Da Costa Francez et al., 2012). Obtuvieron un alto poder de discriminación, lo que sumado a las ventajas de análisis y pequeños amplicones, demuestra las ventajas del uso de estos marcadores.

Recientemente, la casa comercial QIAGEN lanzó al mercado el Investigador DIPplex® Kit, que consiste en 30 marcadores genéticos indels autosómicos más amelogenina (marcador de sexo), diseñado para ADN altamente degradado, debido a que el tamaño máximo de los amplicones es de hasta aproximadamente 160 pb y la cantidad de ADN recomendado en condiciones estándar es de 0,35 ng («Investigator DIPplex Kit», s. f.; LaRue et al., 2012).

En los últimos años, se han caracterizado varios sistemas multiplex para amplificar también marcadores Indels del cromosoma X. En el año 2010, se aplicó un panel de 33 marcadores a una población de la Amazonía Brasileña, para demostrar la utilidad forense de estos (Freitas et al., 2010). En el año 2012, se desarrolló un sistema para amplificar 32 Indels del cromosoma X. El set de marcadores fue tipificado en poblaciones de África Sub-Sahariana, Europa y Asia del Este evidenciando altos valores

del poder de discriminación, tanto para hombres, como para mujeres.

De la misma forma que los marcadores autosómicos Indels, se hace referencia a la facilidad de análisis y la utilidad en muestras degradadas (Pereira et al., 2012). Recientemente en Colombia se caracterizaron 11 poblaciones urbanas y una nativa americana con este 32plex, con el fin de tener un conocimiento más amplio sobre los antecedentes genéticos de nuestro país, que han sido influenciados por la contribución genética europea y africana. Los resultados revelaron alta diversidad genética que comprende mezcla en todas las poblaciones, albergando importantes contribuciones del cromosoma X de todas las poblaciones de origen continental (Ibarra et al., 2014).

Es innegable que la adopción de este nuevo sistema de marcadores por parte de los laboratorios de ADN, genera algunos cambios, no en tecnología e infraestructura, pero sí en creación de estudios de poblaciones que van a soportar estadísticamente los resultados en el campo de la investigación forense.

La identificación por medio de los marcadores genéticos Indels, es una buena apuesta para ayudar con la situación actual de las personas NN en Colombia; en las que muchas veces, por los métodos actuales no se logra una obtención de un perfil genético o se hace de forma deficiente, amplificando pocos marcadores que en última instancia no aportan información suficiente para la identificación fehaciente; circunstancia que está directamente relacionada con las características intrínsecas de las muestras óseas.

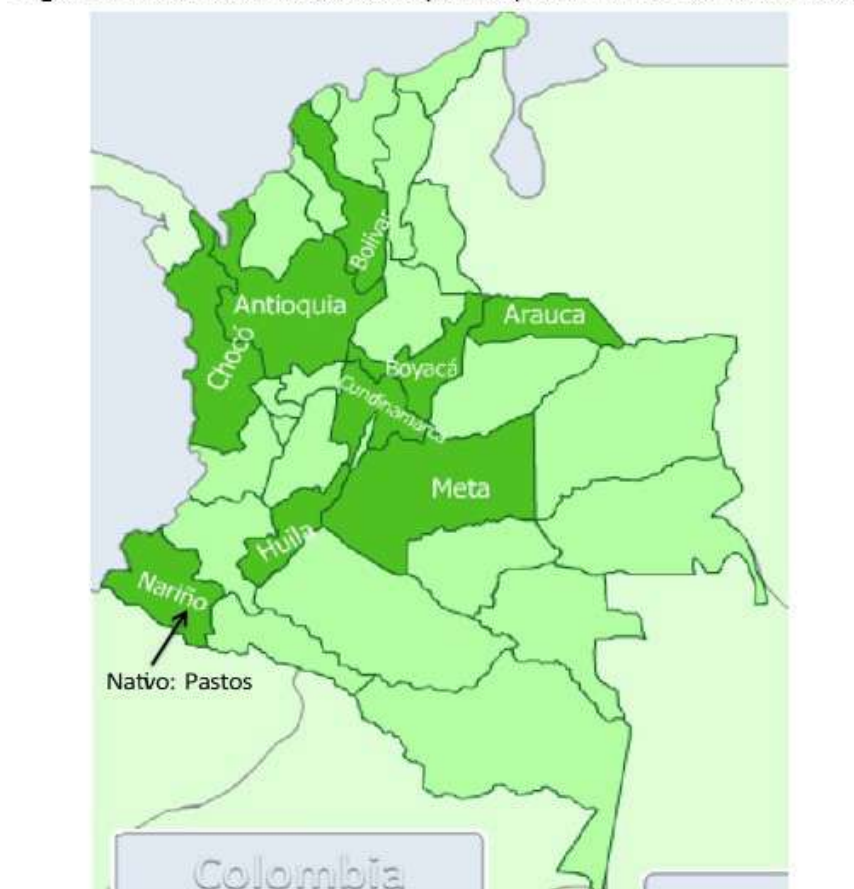
1.6. Análisis genético - poblacional de marcadores INDELS en Colombia

Poblaciones de referencia estudiadas.

Se seleccionó una muestra de 558 individuos al azar, residentes en los departamentos de Antioquia, Chocó, Huila, Meta, Nariño, Arauca, Cundinamarca, Boyacá y Bolívar, no relacionados biológicamente, previa aceptación y firma del consentimiento informado para estudios genéticos poblacionales. Dentro del Departamento de Nariño se seleccionó

una muestra de un grupo Indígena, Los Pastos, el cual para este estudio se denomina Nativo: Pastos.

Figura 5. Población de estudio por Departamentos de Colombia.



Realizado en Mapas Interactivos: <http://serbal.pntic.mec.es/ealg0027/colombia3e.html>

La mayoría de estas muestras han sido analizadas en recientes estudios. En el primero de ellos, a mediados del año 2013, se realizó una comparación entre las poblaciones colombianas y entre grupos poblacionales Nativo Americanos, africanos y europeos, por medio del uso del set de marcadores SNPforID 52plex. Para las poblaciones colombianas, los resultados indicaron la necesidad de utilizar bases de datos de frecuencia distintas y se ha propuesto una separación en 5 regiones: Andina Suroccidental, Andina Central - Occidental, Andina Central - Oriental, Orinoquía y Costa Pacífica del Norte de Colombia (Ibarra, Freire-Aradas, et al., 2014).

El segundo estudio se publicó a comienzos de este año 2014, con marcadores genéticos Indels del cromosoma X, utilizando un set multiplex de 32 marcadores (Ibarra, Restrepo, et al., 2014), en el cual se evaluó la diversidad de estas poblaciones a través de estos marcadores. En este estudio se coincide con la misma separación y denominación de las regiones analizadas en la publicación de Ibarra y colaboradores (2014), además de adicionar el análisis de la región Caribe.

Para un contexto general, las regiones nombradas en estos estudios corresponden a los siguientes Departamentos:

Andina Suroccidental: Nariño

Andina Central - Occidental: Antioquia

Andina Central - Oriental: Huila, Cundinamarca, Boyacá Orinoquía: Arauca, Casanare y Meta

Costa Pacífica del Norte de Colombia: Chocó. Caribe: Bolívar

A través de la historia es bien conocido que Colombia es un país dividido en regiones, las cuales hacen referencia a una gran diversidad étnica, económica y cultural, entre otros, que se ha dado a través de la historia en las poblaciones que cada una conforma. Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), una región se define como:

Porción de territorio determinada por caracteres étnicos o circunstancias especiales de clima, producción, topografía, administración, gobierno. Cada una de las grandes divisiones territoriales de una nación, definida por características geográficas e histórico-sociales, y que puede dividirse a su vez en provincias, departamentos («Diccionario de la lengua española», s. f.).

Los principales factores que diferencian las regiones colombianas son: Las cordilleras, cerrando el paso a los vientos oceánicos y haciendo disminuir la temperatura con la altura.

La mayor o menor distancia al mar, que modifica el régimen de las lluvias.

La proximidad o lejanía respecto a la línea ecuatorial.

La existencia de grandes y caudalosos ríos.

Tradicionalmente se consideran cinco regiones naturales en Colombia: Del Caribe, del Pacífico, Andina, Orinoquía y Amazonía.

La región Andina está enmarcada por la Cordillera de Los Andes, la más larga del mundo, ingresa por el sur del país, en el Nudo de Los Pastos, donde se divide en dos. En el macizo colombiano, la principal estrella hidrográfica del país se separa en tres ejes montañosos que atraviesan de sur a norte el territorio colombiano y genera una topografía quebrada, con cumbres que sobrepasan los 5.300 metros sobre el nivel del mar, extensos altiplanos, profundos cañones y amplios valles. Estas tres cordilleras coronadas de nieves perpetuas, páramos húmedos, bosques andinos, zonas áridas y regiones pantanosas, generan una gran variedad de pisos térmicos y fértiles suelos que producen una inmensa variedad de alimentos («Geografía colombiana», s. f.). En esta región se concentra la mayor parte de la población del país y está conformada por territorio de los Departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca.

A lo largo de sus 1.300 km de longitud se distribuye la región del Pacífico; la costa Pacífica es una de las regiones más húmedas del planeta, con una pluviosidad de más de 10.000 mm³ al año. Hacia el norte, donde la serranía del Baudó se interna en el océano formando bahías y ensenadas, es una zona selvática de gran biodiversidad. El sur, más plano y surcado por caudalosos ríos, se caracteriza por los acantilados y playas bordeadas de manglares. A 56 km de la costa, las islas de Gorgona y Gorgonilla, declaradas Parque Nacional Natural, constituyen santuarios de fauna y flora. Allí llegan procedentes del sur del Pacífico, las ballenas jorobadas. A más de 300 km del litoral se encuentra el islote de Malpelo, una roca que emerge del océano, rodeada de una sorprendente vida submarina («Geografía colombiana», s. f.). Esta región está conformada por territorio de los Departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Chocó.

La región Caribe se extiende a lo largo de 1.600 km sobre el Mar Caribe. Comprende desiertos en La Guajira; montañas de bosques

húmedos y nieves perpetuas en la Sierra Nevada de Santa Marta, el macizo de litoral más alto del mundo (5.770 metros sobre el nivel del mar); ciénagas y sabanas en los departamentos de Magdalena, Cesar y Sucre; golfos con playas blancas como el de Morrosquillo; selvas en el Golfo de Urabá y los deslumbrantes paisajes del Mar Caribe. Cerca de Cartagena, emergen los archipiélagos del Rosario y San Bernardo, paraísos de coral con islotes llenos de manglares. A unos 700 km de la costa, el archipiélago de San Andrés y Providencia, con islas, cayos y bancos dispersos a lo largo de 500 km, forma un oasis de vida en medio del mar («Geografía colombiana», s. f.). Esta región está conformada por territorio de los Departamentos de La Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, San Andrés, Bolívar, Sucre y Córdoba.

La región de la Orinoquía es una vasta zona que llega hasta el río Orinoco en límites con Venezuela, es una llanura que extiende hacia el oriente sus sabanas salpicadas de matas de monte y bosques. También se le conoce con el nombre de Llanos Orientales. Está surcada por numerosos caños y ríos caudalosos, la Orinoquia abarca más de 230.000 km², es decir el 20% del territorio nacional. En el suroccidente de la región se levanta la Serranía de La Macarena, formación montañosa independiente de los Andes, de inmensa biodiversidad, donde confluyen elementos naturales de los Andes, la Amazonía y la Orinoquía («Geografía colombiana», s. f.). Esta región está conformada por territorio de los Departamentos Meta, Vichada, Casanare y Arauca.

Finalmente, la región de La Amazonía está formada por una vasta llanura de más de 6.8 millones de km², de los cuales 400.000 km² corresponden a Colombia. Esta extensa selva, considerada el pulmón del planeta y uno de los mayores bancos genéticos de especies vegetales y animales, está habitada por numerosas comunidades indígenas que aún conservan sus formas de vida ancestrales («Geografía colombiana», s. f.). La región Amazonas abarca gran parte del territorio de Colombia, alrededor de un 40%, siendo al mismo tiempo la región menos poblada del país. Está comprendida por los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés, situados al sureste del País.

Toma de muestras:

Se realizó toma de muestras de sangre por punción digital en tarjetas FTA Whatman™ FTATM Gene Cards (GE Healthcare Life Sciences, Buckinghamshire, UK) y por venopunción en tubos con anticoagulante EDTA.

Extracción de ADN:

Para las muestras de sangre tomadas por venopunción en tubos con EDTA, se realizó extracción de ADN por el método de Salting-out y para las muestras tomadas de sangre tomadas en tarjetas FTA Whatman™ FTATM Gene Cards (GE Healthcare Life Sciences), se utilizó el método de Chelex 100 al 20%, según el Instructivo de Extracción de ADN del laboratorio IdentiGEN de la Universidad de Antioquia, los cuales se encuentran acreditados bajo la norma NTC ISO/IEC 17025:2005.

Extracción de ADN por el método Salting out:

Reactivos y soluciones: Solución de Lisis I, solución de Lisis II, NaCl 6M, perclorato de sodio 5M, sodio dodecil sulfato (SDS) al 20%, Büffer TE 0,1X.

Procedimiento:

Dar vórtex al tubo que contiene la muestra de sangre periférica por aproximadamente 5 segundos y verter el contenido en un tubo de 50 ml.

Adicionar buffer de lisis I hasta completar un volumen de 40 ml-

Mezclar por inversión 5 o 6 veces hasta disolver.

Centrifugar 7 minutos a 3500 rpm.

Descartar el sobrenadante.

Adicionar 1.5 ml de buffer de lisis II, 750 µl de perclorato de sodio 5M y 50 µl

de SDS 20%.

Agitar en vórtex por 10 segundos.

Adicionar 750µl de NaCl 6M

Agitar en vórtex por 15 segundos.

Centrifugar 7 minutos a 2800 rpm.

Pasar la capa intermedia del centrifugado a un tubo de 50 ml.

Adicionar 3 ml de Isopropanol absoluto frío; dejar reposar mínimo 2 minutos.

Retirar los grumos que se observan en el sobrenadante.

Mezclar por inversión hasta observar la malla de ADN.

Retirar (Pescar) el ADN con una punta de 20 µl, cuando la malla de ADN esté en la punta se adicionan aproximadamente 3 gotas de etanol al 70%. Llevar a un tubo de 0.5 ml que contiene 200 µl de TE 0.1X y almacenar en nevera a -20°C.

Extracción de ADN por el método Chélex 100 al 20%:

Reactivos y soluciones: Agua desionizada estéril, solución de Chélex al 20%.
Procedimiento:

A partir de la mancha en papel FTA sacar 3 círculos con el sacabocados (Whatman™ Harris Micro Punch) y ponerla en un vial de 1,5 ml.

Adicionar 1ml de agua desionizada estéril.

Incubar por 30 minutos a temperatura ambiente.

Retirar el sobrenadante.

Adicionar 200µl de Chelex al 20%.

Agitar en vórtex por 10 segundos al máximo nivel.

Incubar a 56°C por 20 minutos.

Agitar en vórtex por 10 segundos, al máximo nivel.

Incubar a 100°C por 8 minutos.

Agitar en vórtex por 10 segundos, al máximo nivel.

Centrifugar las muestras 13000 rpm por 3 minutos.

Almacenar de 2 a 8°C.

Cuantificación de ADN:

Se realizó cuantificación de ADN por los métodos de Espectrofotometría (PerkinElmer) y Fluorometría (Qubit™ fluorometer - Invitrogen). La concentración de los extractos de ADN para realizar el procedimiento de amplificación de ADN, se dejó en el rango entre 0,1ng/μL y 1.5 ng/μL.

Amplificación de ADN o PCR

La amplificación de ADN se llevó a cabo teniendo como referencia las publicaciones de Pereira, et al. (2009b) y Pereira & Gusmão (2012), que describen el desarrollo de un sistema de 38 indels analizados en una sola reacción de PCR multiplex.

Tabla 3. Cantidades de reactivos utilizados en la PCR.

REACTIVO	
Qiagen Multiplex PCR kit (2x)	2.5 μL
Primer mix (10x)	0.5 μL
Agua	2.0 μL
Volumen final	5.0 μL

Diseño propio

La concentración de ADN utilizada en la PCR, se especificó en el ítem 3.4.

Figura 6. Perfil de Termo ciclado.

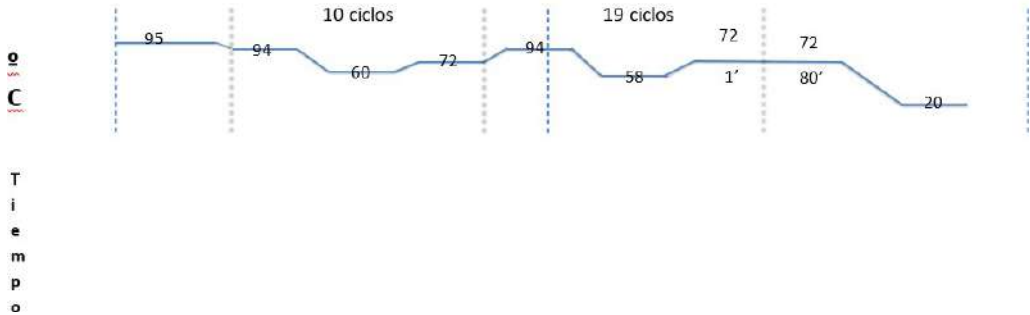
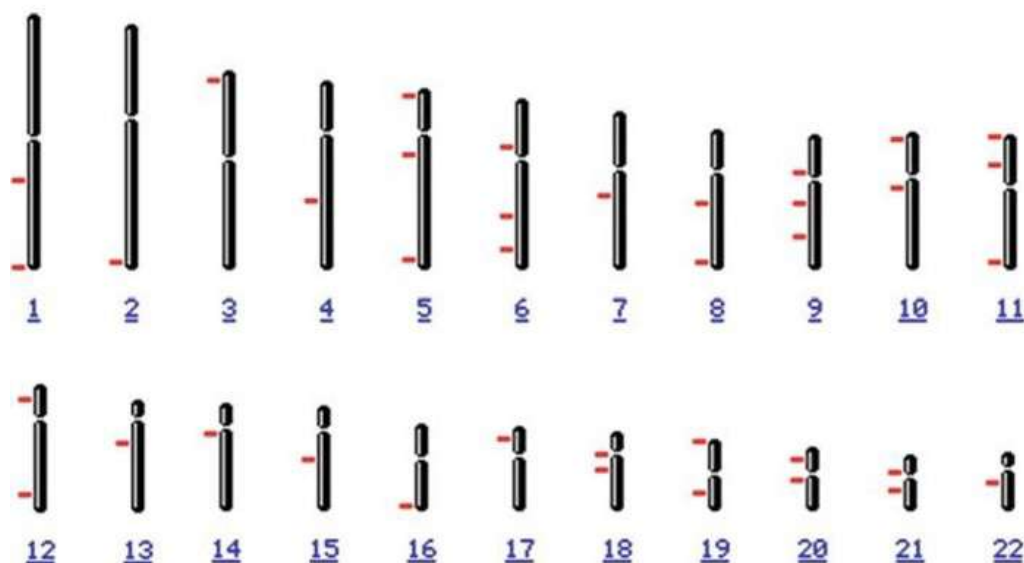


Tabla 4. Localización genómica los marcadores Indel, alelos reportados y tamaño esperado de ampliaciones.

Int.	Position (bp)					Alleles	Amplicon size (S-L)
	code MID	rs Number	Chromosome	Build 36.3	Build 37.1		
B1	M1D-2719	rs34541393	20	30165066	30701405	-/AACT	
B2	M1D-185	rs16624	2	234681130	235016391	-/GT	
B3	M1D-1493	rs2307689	19	48896180	44204340	-/TTC	
B4	M1D-2946	rs35769550	8	76681235	76518680	-/TGAC	
B5	M1D-1504	rs2307700	22	25120901	26790901	-/TCAC	
B6	M1D-520	rs140809	10	6027167	5987163	-/CAA	
B7	M1D-2305	rs3047269	1	161077452	162810828	-/CTGA	
B8	M1D-3221	rs33972805	11	125794082	126288872	-/CT	
B9	M1D-2698	rs33917182	20	11643625	11695625	-/CA	
B10	M1D-116	rs16402	9	38396788	38406788	-/TTAT	
				57-61			
				65-67			
				74-77			
				89-93			
				101-105			
				115-118			
				126-130			
				135-137			
				142-144			
				150-154			

Fuente: Tomado de (Pereira & Gusmão, 2012)

Figura 7. Distribución de los 38 Indels en los 22 autosomas humanos.

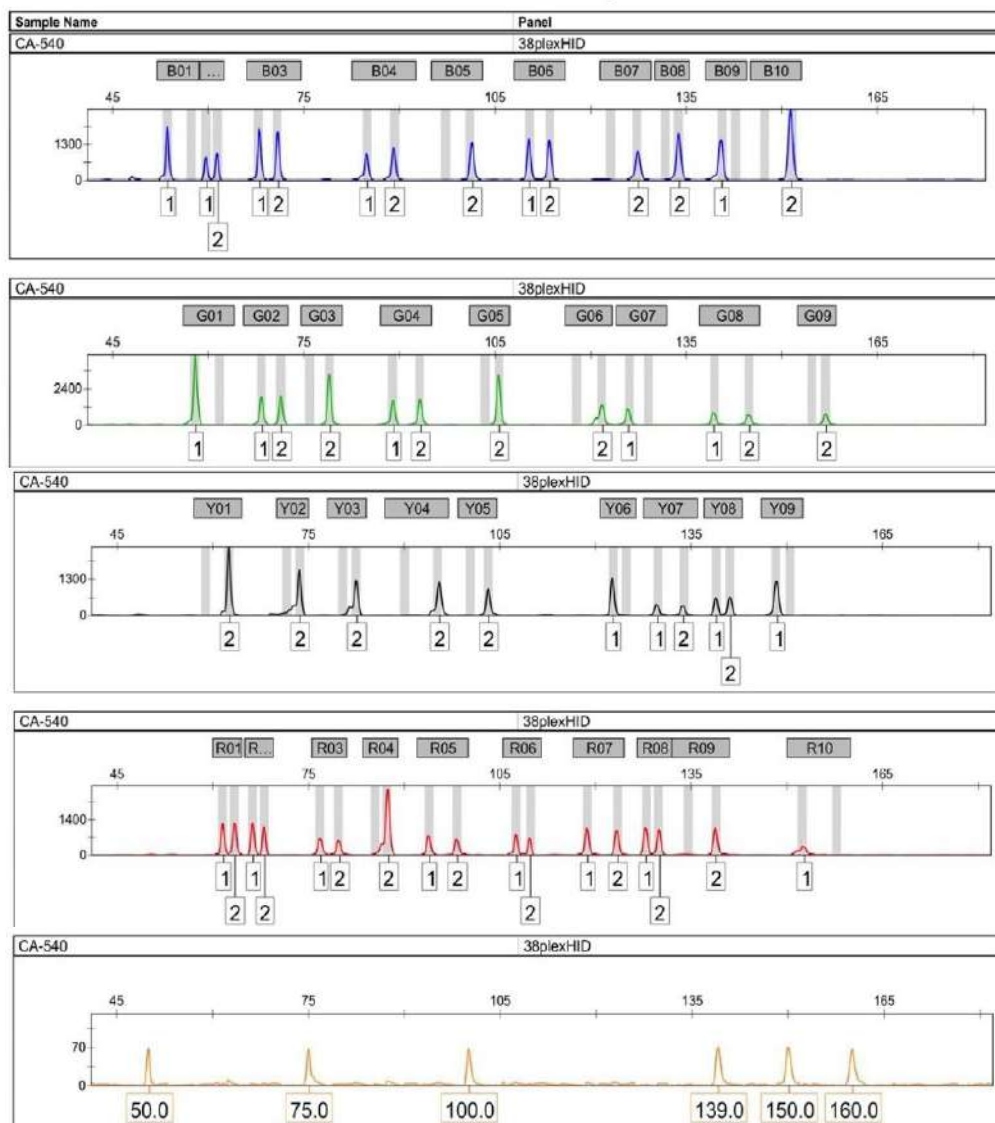


Fuente: Tomado de (Pereira & Gusmão, 2012)

1.7. Electroforesis Capilar

Los amplificados obtenidos se separaron por electroforesis capilar en el analizador genético AB PRISM 3130 (Applied Biosystems), con el filtro G5. En 12 μ L de formamida (amresco) y 0.2 μ L de marcador de peso GS-LIZ 500 (Applied Biosystems), se adicionó 1 μ L de amplificado. Toda la mezcla anterior se desnaturalizó a 94°C, durante 3 minutos. La inyección de cada muestra se efectuó durante 5 segundos a 15000 V, y se corrió durante 28 min a 60°C a un voltaje de separación de 15000 V, se utilizó el polímero POP-4 3130/Buffer EDTA 1X. Se empleó un capilar de 36 cm de longitud con un diámetro de 50 μ m (Applied Biosystems). La recuperación y análisis de datos se realizó mediante el programa Data Collection Software y GeneMapper® Software V. 3.1 (Applied Biosystems), respectivamente.

Figura 8. Electroferograma amplificado con 38 Indel-plex de un individuo de la población de Fuente: Bolívar, utilizando 1ng de ADN.



Controles de calidad

Controles internos

Para garantizar la calidad de los resultados a nivel interno, junto con el procedimiento de PCR, se amplificó el control positivo 9947A (Applied Biosystems), el cual tiene un patrón alélico conocido (Pereira & Gusmão, 2012).

1.7.1. Control interlaboratorio externo

Se realizó un control interlaboratorio con el Grupo de Habla Española y Portuguesa de la Sociedad Internacional de Genética Forense (GHEP- ISFG), en el cual se procesaron 4 muestras (M1, M2, M3 y M4 de 2012), para los 38 marcadores Indel.

Se obtuvo consenso total en todas las muestras y todos los marcadores analizados.

Parámetros estadísticos: estimadores genético poblacionales.

El estudio de las poblaciones humanas tiene por objetivo analizar las consecuencias de las leyes de la herencia mendeliana sobre la composición genética de las mismas. Una población humana puede definirse como un grupo de individuos que se reproducen entre sí, de forma aleatoria y que pueden presentar diferencias génicas respecto a grupos humanos vecinos (Martínez Jarreta, 1999); es necesario conocer esta variabilidad entre las poblaciones, dado que el soporte estadístico, tanto a nivel forense como de filiación son los datos de las frecuencias alélicas (génicas), las cuales se definen como la medida de la proporción relativa de alelos en una población (Martínez Jarreta, 1999).

Para la realización de los cálculos genético poblacionales y forenses, se analizaron los resultados de las tipificaciones de las muestras a partir del software GeneMapper (Applied Biosystems), se exportaron los datos genotípicos en tablas “.txt”, las cuales se ejecutan en el programa Microsoft Excel, para posteriormente ser analizadas por medio de los software GeneAlex 6.5 (Peakall & Smouse, 2006), software Arlequin Versión 3.5.1.3 (Excoffier & H.E. L. Lischer, 2010) y PowerStats V12 (Tereba, 1999).

Estimación de las frecuencias alélicas

Es la medida de la proporción relativa de alelos de una población dada. Estas frecuencias se expresan en tantos por ciento o en tantos por uno, y se calculan mediante el recuento de cada alelo y dividiendo este número por el número total de alelos analizados (Cavalli-Sforza & Bodmer, 1981).

Inicialmente se realizó el cálculo de las frecuencias alélicas para cada una de las poblaciones estudiadas con el fin de realizar análisis posteriores y tomar decisiones sobre el uso final de los datos, especialmente aplicados a los análisis forenses.

A continuación se presentan las frecuencias alélicas obtenidas, por medio del software Arlequin Versión 3.5.1.3 (Excoffier & H.E. L. Lischer, 2010) y PowerStats V12 (Tereba, 1999).

Tabla 5. Distribución de Frecuencias alélicas de los marcadores Indels para el alelo 1 (alelo corto), en las regiones objeto de estudio: N total= 558; Meta (34), Arauca (49), Huila (78), Cund_Boyacá (90),

Antioquia (74), Chocó (84), Nariño (45), Bolívar (83).

	Meta	Arauca	Huila	Cund_Boyacá	Antioquia	Chocó	Nariño	Nariño	Bolívar
B01	0,411 76	0,39 796	0,45 513	0,4500 0	0,4054 1	0,3809 5	0,5476 2	0,4555 6	0,4638 6
B02	0,558 82	0,43 878	0,50 641	0,5000 0	0,5202 7	0,4345 2	0,2619 0	0,4111 1	0,4518 1
B03	0,338 24	0,40 816	0,41 026	0,3944 4	0,4662 2	0,5178 6	0,4761 9	0,5222 2	0,3795 2
B04	0,602 94	0,58 163	0,56 410	0,5333 3	0,4527 0	0,2500 0	0,8095 2	0,6333 3	0,4337 3
B05	0,529 41	0,37 755	0,47 403	0,4777 8	0,4459 5	0,2678 6	0,2619 0	0,2555 6	0,3674 7
B06	0,176 47	0,24 490	0,21 795	0,2333 3	0,2770 3	0,4464 3	0,1428 6	0,2000 0	0,3373 5
B07	0,478 26	0,55 102	0,49 359	0,5611 1	0,5270 3	0,7381 0	0,5952 4	0,5568 2	0,4879 5
B08	0,397 06	0,35 714	0,42 308	0,4055 6	0,4189 2	0,3809 5	0,6190 5	0,4444 4	0,4578 3

B 0 9	0,720 59	0,64 286	0,66 667	0,6888 9	0,6216 2	0,5416 7	0,8333 3	0,7888 9	0,6807 2
B 1 0	0,264 71	0,30 612	0,30 128	0,2833 3	0,2905 4	0,3154 8	0,3095 2	0,2777 8	0,3313 3
G 0 1	0,426 47	0,46 939	0,42 308	0,4222 2	0,5337 8	0,4940 5	0,3095 2	0,3666 7	0,4216 9
G 0 2	0,573 53	0,48 980	0,57 051	0,5833 3	0,5945 9	0,3869 0	0,4761 9	0,6111 1	0,4939 8
G 0 3	0,441 18	0,30 612	0,39 103	0,3186 7	0,3175 7	0,2023 8	0,4047 6	0,4444 4	0,2891 6
G 0 4	0,205 88	0,33 673	0,18 590	0,1944 4	0,2432 4	0,3928 6	0,1666 7	0,1668 9	0,2771 1
4									
G 0 5	0,191 18	0,22 917	0,16 667	0,1500 0	0,1756 8	0,3392 9	0,2142 9	0,2386 4	0,2349 4
G 0 6	0,529 41	0,47 959	0,53 205	0,5722 2	0,4189 2	0,4047 8	0,6428 6	0,6777 8	0,4337 3
G 0 7	0,661 76	0,53 261	0,66 026	0,5722 2	0,7162 2	0,5595 2	0,6666 7	0,6666 7	0,5120 5
G 0 8	0,529 41	0,57 143	0,57 692	0,5222 2	0,5000 0	0,4345 2	0,6428 6	0,5666 7	0,4036 1
G 0 9	0,161 76	0,31 250	0,27 632	0,2388 9	0,2229 7	0,3214 3	0,2142 9	0,2333 3	0,2710 8
Y 0 1	0,352 94	0,30 612	0,35 065	0,3777 8	0,3310 8	0,2678 6	0,1904 8	0,2000 0	0,3373 5
Y 0 2	0,294 12	0,32 653	0,16 026	0,2166 7	0,2162 2	0,2381 0	0,1904 8	0,3111 1	0,2108 4
Y 0 3	0,470 59	0,33 673	0,20 513	0,2777 8	0,3040 5	0,2738 1	0,3571 4	0,3333 3	0,2590 4
Y 0 4	0,279 41	0,21 429	0,22 436	0,2277 8	0,2229 7	0,2142 9	0,2381 0	0,2111 1	0,1988 0
Y 0 5	0,235 29	0,29 167	0,35 897	0,3666 7	0,3698 6	0,4404 8	0,0476 2	0,1744 2	0,3253 0

Y 0 6	0,676 47	0,64 286	0,76 923	0,6611 1	0,6824 3	0,6607 1	0,4285 7	0,5222 2	0,7349 4
Y 0 7	0,294 12	0,37 755	0,32 051	0,3166 7	0,3445 9	0,3095 2	0,3095 2	0,3372 1	0,3132 5
Y 0 8	0,779 41	0,71 429	0,66 026	0,6555 6	0,6013 5	0,6011 9	0,7619 0	0,6666 7	0,5783 1
Y 0 9	0,147 06	0,24 490	0,21 154	0,2222 2	0,2297 3	0,1904 8	0,1428 6	0,2111 1	0,2228 9
R 0 1	0,264 71	0,24 490	0,17 308	0,2444 4	0,2905 4	0,5595 2	0,1666 7	0,2000 0	0,3373 5
R 0 2	0,602 94	0,65 306	0,65 385	0,6277 8	0,7500 0	0,4939 8	0,7142 9	0,6888 9	0,4939 8
R 0 3	0,470 59	0,37 755	0,40 385	0,3944 4	0,4121 6	0,2619 0	0,4285 7	0,4111 1	0,3915 7
R 0 4	0,426 47	0,35 714	0,34 615	0,4000 0	0,2635 1	0,2202 4	0,3571 4	0,5666 7	0,3433 7
R 0 5	0,397 06	0,33 673	0,28 205	0,2555 6	0,2770 3	0,3452 4	0,2619 0	0,2333 3	0,3674 7
R 0 6	0,838 24	0,77 551	0,72 436	0,7833 3	0,7973 0	0,6011 9	0,8095 2	0,8222 2	0,6988 0
R 0 7	0,647 06	0,62 245	0,60 897	0,5777 8	0,5405 4	0,5476 2	0,7142 9	0,5555 6	0,5602 4
R	0,205	0,35	0,23	0,2500	0,2162	0,2440	0,3095	0,3333	0,2710

Tabla 6. Distribución de Frecuencias alélicas de los marcadores Indels para el alelo 2 (alelo largo), en las regiones objeto de estudio: N total= 558; Meta (34), Arauca (49), Huila (78), Cund_Boyacá (90), Antioquia (74), Chocó (84), Nariño (45), Bolívar (83).

	Meta	Arauca	Huila	Cund Boyacá	Antioquia	Chocó	Nativo	Nariño	Bolívar
B01	0,58824	0,60204	0,54487	0,55000	0,59459	0,61905	0,45238	0,54444	0,53614
B02	0,44118	0,56122	0,49359	0,50000	0,47973	0,56548	0,73810	0,58889	0,54819
B03	0,66176	0,59184	0,58974	0,60556	0,53378	0,48214	0,52381	0,47778	0,62048
B04	0,39706	0,41837	0,43590	0,46667	0,54730	0,75000	0,19048	0,36667	0,56627
B05	0,47059	0,62245	0,52597	0,52222	0,55405	0,73214	0,73810	0,74444	0,63253
B06	0,82353	0,75510	0,78205	0,76667	0,72297	0,55357	0,85714	0,80000	0,66265
B07	0,52174	0,44898	0,50641	0,43889	0,47297	0,26190	0,40476	0,44318	0,51205
B08	0,60294	0,64286	0,57692	0,59444	0,58108	0,61905	0,38095	0,55556	0,54217

G 0 5	0,808 82	0,77 083	0,83 333	0,8500 0	0,8243 2	0,6607 1	0,7857 1	0,7613 6	0,7650 6
G 0 6	0,470 59	0,52 041	0,46 795	0,4277 8	0,5810 8	0,5952 4	0,3571 4	0,3222 2	0,5662 7
G 0 7	0,338 24	0,46 739	0,33 974	0,4277 8	0,2837 8	0,4404 8	0,3333 3	0,3333 3	0,4879 5
G 0 8	0,470 59	0,42 857	0,42 308	0,4777 8	0,5000 0	0,5654 8	0,3571 4	0,4333 3	0,5963 9
G 0 9	0,838 24	0,68 750	0,72 368	0,7611 1	0,7770 3	0,6785 7	0,7857 1	0,7666 7	0,7289 2
Y 0 1	0,647 06	0,69 388	0,64 935	0,6222 2	0,6689 2	0,7321 4	0,8095 2	0,8000 0	0,6626 5
Y 0 2	0,705 88	0,67 347	0,83 974	0,7833 3	0,7837 8	0,7619 0	0,8095 2	0,6888 9	0,7891 6
Y 0 3	0,529 41	0,66 327	0,79 487	0,7222 2	0,6959 5	0,7261 9	0,6428 6	0,6666 7	0,7409 6
Y 0 4	0,720 59	0,78 571	0,77 564	0,7722 2	0,7770 3	0,7857 1	0,7619 0	0,7888 9	0,8012 0
Y 0 5	0,764 71	0,70 833	0,64 103	0,6333 3	0,6301 4	0,5595 2	0,9523 8	0,8255 8	0,6747 0
Y 0 6	0,323 53	0,35 714	0,23 077	0,3388 9	0,3175 7	0,3392 9	0,5714 3	0,4777 8	0,2650 6
Y 0 7	0,705 88	0,62 245	0,67 949	0,6833 3	0,6554 1	0,6904 8	0,6904 8	0,6627 9	0,6867 5
Y 0 8	0,220 59	0,28 571	0,33 974	0,3444 4	0,3986 5	0,3988 1	0,2381 0	0,3333 3	0,4216 9
Y 0 9	0,852 94	0,75 510	0,78 846	0,7777 8	0,7702 7	0,8095 2	0,8571 4	0,7888 9	0,7771 1
R 0 1	0,735 29	0,75 510	0,82 692	0,7555 6	0,7094 6	0,4404 8	0,8333 3	0,8000 0	0,6626 5
R 0 2	0,397 06	0,34 694	0,34 615	0,3722 2	0,2500 0	0,5060 2	0,2857 1	0,3111 1	0,5060 2
R 0 3	0,529 41	0,62 245	0,59 615	0,6055 6	0,5878 4	0,7381 0	0,5714 3	0,5888 9	0,6084 3
R 0 4	0,573 53	0,64 286	0,65 385	0,6000 0	0,7364 9	0,7797 6	0,6428 6	0,4333 3	0,6566 3
R 0 5	0,602 94	0,66 327	0,71 795	0,7444 4	0,7229 7	0,6547 6	0,7381 0	0,7666 7	0,6325 3
R 0 6	0,161 76	0,22 449	0,27 564	0,2166 7	0,2027 0	0,3988 1	0,1904 8	0,1777 8	0,3012 0
R 0 7	0,352 94	0,37 755	0,39 103	0,4222 2	0,4594 6	0,4523 8	0,2857 1	0,4444 4	0,4397 6
R 0 8	0,794 12	0,64 286	0,76 282	0,7500 0	0,7837 8	0,7559 5	0,6904 8	0,6666 7	0,7289 2

R 0 9	0,779 41	0,78 125	0,82 051	0,7611 1	0,7837 8	0,5595 2	0,8095 2	0,7555 6	0,6265 1
R 1 0	0,455 88	0,43 878	0,44 872	0,4555 6	0,4520 5	0,4107 1	0,2619 0	0,4222 2	0,4329 3

Fuente: Equilibrio de Hardy Weinberg (EHW).

Un principio básico en la genética de poblaciones es la Ley del equilibrio de Hardy-Weinberg, que debe su nombre al matemático inglés George Hardy y al físico alemán Wilhem Weinberg quienes de forma independiente y en el mismo año (1908) formularon esta ley (González Andrade, 2006). Esta Ley establece que en una población panmíctica, sin migración o selección contra un genotipo y cuya tasa de mutación es despreciable, las proporciones de los diferentes genotipos permanecerán constantes de una generación a otra (Martínez Jarreta, 1999).

Esta ley contiene tres principios fundamentales (González Andrade, 2006):

En una población las frecuencias alélicas en un locus autosómico no cambian de una generación a la siguiente (equilibrio de las frecuencias alélicas).

Las frecuencias genotípicas de la población están determinadas de una manera predecible por las frecuencias génicas (equilibrio de las frecuencias genotípicas).

El equilibrio es neutro, es decir, si se perturba la población el equilibrio se restablecerá en una sola generación de apareamiento al azar, pero con las nuevas frecuencias alélicas y si todos los restantes requisitos se mantienen.

Como las poblaciones naturales difícilmente se encuentran en equilibrio estricto, hay que determinar si las desviaciones observadas en la muestra pueden atribuirse simplemente al azar, o si por el contrario, son tan grandes que lleven en primera instancia, a investigar una posible ocurrencia de errores sistemáticos en el genotipo, o luego permiten afirmar la existencia de algún proceso que esté desviando la población de la situación de equilibrio (mutación, selección, migración, deriva génica, apareamientos preferentes) (Martínez Jarreta, 1999).

Un exceso de homocigotos en la población objeto de estudio podría ser explicado por un proceso de aislamiento y endogamia. Debe considerarse que este hecho afectaría a todo el genoma y no solo a un locus concreto, por lo que sería lógico encontrar que la tendencia a la disminución del número de heterocigotos es un proceso general o al menos extendido (Martínez Jarreta, 1999). Este hecho, puede ser considerado como un indicador de subestructuración poblacional (González Andrade, 2006).

La estimación de frecuencias génicas en una población de referencia, si es adecuada, debe reflejar que se cumple este equilibrio; por tanto, al realizar el análisis estadístico del EHW, se toma como hipótesis nula que las poblaciones se encuentran en equilibrio.

Convencionalmente, para contrastar la veracidad de una determinada hipótesis (nula), se fija un nivel de significación (probabilidad de error de Tipo I que se está dispuesto a asumir, usualmente, el bien conocido $\alpha = 0.05$), se elige un test estadístico y se obtiene un valor-p (P-value). La hipótesis nula se rechaza si el p-valor es menor que el nivel de significación fijado y no se rechaza en caso contrario (Martínez Camblor, 2012).

El problema surge cuando el número de hipótesis a contrastar (o el número de pruebas estadísticas realizados) es más de uno, esto es, se tienen varios p-valores. Técnicamente, si se contrastan k-tests a un nivel de significación α , la probabilidad que haya al menos un falso positivo es mayor de α (en concreto, asumiendo independencia entre las k hipótesis contrastadas, la probabilidad es de $1 - (1 - \alpha)^k$ y se debería utilizar algún método de ajuste que garantice que se está respetando el error de Tipo I fijado previamente (Martínez Camblor, 2012).

El método de ajuste del nivel de significancia o corrección de Bonferroni para pruebas estadísticas simultáneas, se utiliza con el fin de corregir falsos positivos. Este método fue descrito en el año 1979 (Holm, 1979) y una década más tarde se demuestran sus aplicaciones en el área de biología (Rice, 1989).

Para realizar el cálculo de corrección de Bonferroni se utiliza como punto de corte α/k , donde α es el nivel de significación y k el número

de contrastes o comparaciones, permitiendo contrastar de forma sencilla y sin asunciones adicionales cada una de las hipótesis (nulas) individuales involucradas en el estudio (Martínez Cambor, 2012).

El análisis del EHW para las poblaciones estudiadas se realizó con el software Arlequín Versión 3.5.1.3 (Excoffier & H.E. L. Lischer, 2010), tomando como Hipótesis nula el hecho que estas estuvieran en equilibrio. Con un α de 0,05 se observaron en tres de las nueve poblaciones analizadas entre tres y cinco marcadores genéticos en desequilibrio. En la población de Cundinamarca y Boyacá se observaron resultados significativos en los marcadores genéticos B04, B05 y B07; en la población de Chocó se observaron resultados significativos en los marcadores G08, R03 y R04 y finalmente en la población de Nariño, en los marcadores B02, B03, Y03, Y09 y R10.

Para realizar un ajuste a los P-value de los análisis realizados por el software Arlequín y descartar los posibles falsos positivos, se practicó la corrección de Bonferroni arrojando un α ajustado de 0,0013, con el cual se concluye que todas las poblaciones se encuentran en equilibrio para los 38 marcadores Indels autosómicos analizados (Ver tabla 7a y 7b).

Tabla 7 a). Análisis del Equilibrio de Hardy Weinberg para las poblaciones de estudio.

Locus	Meta			Arauca			Huila			Cund. Boyacá			Antioquia		
	Obs.	Het	Exp.	Obs.	Het	Exp.	Obs.	Het	Exp.	Obs.	Het	Exp.	Obs.	Het	Exp.
B01	0.52	0.49	0.73	0.59	0.48	0.14	0.50	0.49	1.00	0.52	0.49	0.67	0.40	0.48	0.22
B02	0.47	0.50	0.74	0.51	0.49	1.00	0.44	0.50	0.37	0.53	0.50	0.67	0.47	0.50	0.64
B03	0.59	0.44	1.34	0.20	0.758	0.00	0.72	0.314	0.233	0.333	0.279	0.410	0.297	0.257	0.551
B04	0.38	0.45	0.44	0.57	0.48	0.25	0.48	0.48	1.00	0.45	0.48	0.66	0.39	0.50	0.06
B05	0.235	0.435	0.747	0.143	0.811	0.195	0.718	0.701	0.000	0.556	0.038	0.139	0.189	0.110	0.688
B06	0.50	0.48	1.00	0.63	0.49	0.07	0.46	0.49	0.64	0.64	0.50	0.01	0.47	0.49	0.81
B07	0.000	0.595	0.000	0.265	0.169	0.469	0.154	0.495	0.613	0.444	0.056	0.044	0.297	0.890	0.419
B08	0.52	0.50	1.00	0.34	0.47	0.07	0.55	0.50	0.36	0.62	0.50	0.03	0.37	0.49	0.05
B09	0.941	0.571	0.000	0.664	0.488	0.144	0.844	0.191	0.353	0.222	0.180	0.275	0.838	0.752	0.794
B10	0.35	0.29	0.55	0.44	0.37	0.24	0.35	0.34	1.00	0.37	0.35	0.77	0.41	0.40	1.00
B11	0.294	0.500	0.732	0.898	0.366	0.713	0.897	0.309	0.000	0.778	0.978	0.068	0.892	0.329	0.000
B12	0.34	0.51	0.20	0.57	0.49	0.38	0.52	0.50	0.82	0.45	0.49	0.52	0.56	0.50	0.34
B13	0.783	0.014	0.702	0.143	0.989	0.818	0.564	0.314	0.169	0.556	0.528	0.055	0.757	0.193	0.812
B14	0.55	0.48	0.47	0.51	0.46	0.54	0.56	0.49	0.24	0.56	0.48	0.12	0.45	0.49	0.83
B15	0.882	0.595	0.958	0.020	0.392	0.618	0.410	0.132	0.672	0.667	0.485	0.580	0.946	0.016	0.882
B16	0.55	0.40	0.03	0.46	0.46	1.00	0.41	0.44	0.60	0.44	0.43	0.81	0.37	0.47	0.06
B17	0.882	0.869	0.546	0.939	0.392	0.000	0.026	0.731	0.943	0.444	0.104	0.052	0.838	0.362	0.025
B18	0.41	0.39	1.00	0.40	0.42	0.74	0.42	0.42	1.00	0.41	0.40	1.00	0.41	0.41	1.00
B19	0.176	0.508	0.000	0.816	0.920	0.452	0.308	0.374	0.000	0.111	0.838	0.000	0.892	0.506	0.000

G	0.07	0.40	0.04	0.57	0.50	0.30	0.48	0.49	0.54	0.51	0.49	0.52	0.53	0.50	0.24
0	247	649	036	143	326	469	154	132	534	111	023	879	108	110	183
1															
G	0.44	0.49	0.72	0.53	0.50	0.77	0.42	0.49	0.25	0.41	0.48	0.13	0.45	0.48	0.20
0	118	649	419	061	494	992	306	322	092	111	833	802	846	336	233
2															
G	0.47	0.50	0.74	0.44	0.42	1.00	0.47	0.47	1.00	0.47	0.43	0.48	0.52	0.43	0.10
0	059	044	035	388	920	000	458	932	000	778	520	500	700	899	485
3															
G	0.23	0.53	0.11	0.51	0.45	0.51	0.28	0.30	0.28	0.30	0.31	0.73	0.29	0.37	0.11
0	520	187	365	020	129	924	923	483	430	020	502	552	730	085	243
4															
G	0.32	0.31	1.00	0.37	0.35	1.00	0.28	0.27	1.00	0.21	0.25	0.10	0.29	0.29	1.00
0	353	387	030	500	702	000	205	057	000	111	642	259	730	160	000
5															
G	0.47	0.50	0.73	0.63	0.50	0.09	0.44	0.50	0.37	0.47	0.49	0.23	0.55	0.49	0.23
0	059	571	943	265	431	202	372	116	151	778	230	156	757	016	197
6															
G	0.44	0.45	1.00	0.54	0.50	0.78	0.42	0.45	0.51	0.24	0.49	0.00	0.35	0.40	0.25
0	113	435	030	348	524	564	308	153	829	444	230	554	135	927	593
7															
G	0.47	0.50	0.73	0.48	0.49	1.00	0.48	0.49	0.54	0.51	0.50	1.00	0.45	0.50	0.49
0	059	571	373	980	435	000	154	132	092	111	180	000	840	340	029
8															
G	0.26	0.27	1.00	0.43	0.43	0.74	0.39	0.40	1.00	0.41	0.35	0.38	0.31	0.34	0.33
0	471	324	030	833	421	899	474	238	000	111	507	176	061	887	167
9															
Y	0.41	0.45	0.70	0.43	0.42	0.50	0.51	0.45	0.31	0.46	0.47	1.00	0.44	0.44	1.00
01	178	355	527	980	920	039	943	837	835	597	275	030	565	595	030
Y	0.29	0.42	0.10	0.57	0.44	0.05	0.32	0.27	0.19	0.32	0.34	0.55	0.29	0.34	0.30
02	412	142	232	143	435	403	051	099	774	222	134	078	730	124	495
Y	0.47	0.50	0.73	0.46	0.45	1.00	0.28	0.32	0.29	0.44	0.40	0.43	0.41	0.42	1.00
03	059	571	944	939	129	000	205	821	077	444	348	313	562	809	000
Y	0.44	0.40	1.00	0.38	0.34	0.42	0.42	0.35	0.09	0.32	0.35	0.38	0.33	0.34	0.74
04	118	669	030	778	021	452	306	029	842	232	376	208	784	887	545
Y	0.35	0.58	1.00	0.53	0.41	0.00	0.48	0.48	1.00	0.55	0.48	0.10	0.38	0.48	0.15
05	294	523	030	333	754	442	154	319	030	558	704	924	358	934	519
Y	0.47	0.44	1.00	0.46	0.46	1.00	0.41	0.35	0.33	0.50	0.45	0.35	0.33	0.43	0.00
06	059	435	030	919	322	000	026	732	370	000	019	102	784	439	188
Y	0.29	0.42	0.10	0.46	0.47	1.00	0.43	0.43	0.43	0.47	0.43	0.45	0.41	0.45	0.60
07	412	142	141	219	468	020	718	838	722	778	520	560	522	477	711
Y	0.52	0.34	0.24	0.48	0.41	0.38	0.47	0.45	0.20	0.43	0.45	0.49	0.39	0.43	0.14
08	353	899	113	810	237	919	436	159	185	319	418	399	119	272	344
Y	0.29	0.25	0.55	0.44	0.37	0.24	0.37	0.35	0.49	0.37	0.34	0.54	0.32	0.35	0.51
09	520	481	752	308	388	577	179	573	815	778	781	488	452	882	030
R	0.29	0.29	0.16	0.40	0.37	0.70	0.29	0.26	1.00	0.33	0.37	0.35	0.47	0.41	0.38
0	412	528	335	816	558	318	437	009	000	320	145	594	227	508	831
1															
R	0.53	0.48	0.28	0.40	0.45	0.58	0.41	0.45	0.45	0.41	0.48	0.28	0.28	0.57	0.05
0	235	595	400	816	782	109	026	553	235	111	998	260	578	755	705
2															
R	0.41	0.50	0.31	0.42	0.47	0.54	0.52	0.48	0.48	0.43	0.48	0.38	0.50	0.43	0.14
0	178	571	895	557	489	827	584	492	600	320	038	175	103	787	820
3															
R	0.55	0.49	0.50	0.51	0.48	0.54	0.51	0.45	0.31	0.40	0.43	0.12	0.39	0.50	1.00
0	892	849	222	020	522	590	282	558	848	000	283	585	189	079	000
4															
R	0.44	0.43	0.72	0.51	0.45	0.52	0.45	0.40	0.27	0.35	0.38	0.58	0.36	0.40	0.55
0	118	595	284	020	129	111	154	781	471	556	282	013	458	329	958
5															
R	0.28	0.27	1.00	0.26	0.35	1.00	0.37	0.40	0.37	0.30	0.34	0.34	0.32	0.32	1.00
0	471	324	030	735	178	000	178	180	332	000	134	831	432	543	000
6															
R	0.55	0.45	0.25	0.46	0.47	1.00	0.55	0.47	0.25	0.51	0.49	0.62	0.58	0.50	0.34
0	284	356	558	839	489	000	126	932	358	111	083	325	757	909	823
7															
R	0.59	0.33	0.59	0.51	0.48	0.54	0.37	0.36	1.00	0.45	0.37	0.05	0.29	0.34	0.30
0	412	187	351	020	522	400	179	419	000	558	709	191	730	124	319
8															
R	0.28	0.34	0.30	0.39	0.34	0.42	0.28	0.29	0.70	0.41	0.36	0.38	0.35	0.34	1.00
0	471	389	537	583	539	055	205	644	097	111	587	234	155	124	000
9															
R	0.61	0.50	0.20	0.59	0.49	0.24	0.55	0.49	0.26	0.53	0.49	0.52	0.41	0.49	0.15
1	755	351	415	184	758	492	410	783	127	338	882	989	068	882	739
0															

Tabla 7 b). Análisis del Equilibrio de Hardy Weinberg para las poblaciones de estudio.

Lo cu s	Obs. Het	Cho có Exp. Het	P- value	Obs. Het	Nati vo Exp. Het	P- valu e	Obs. Het	Nari ño Exp. Het	P- valu e	Obs. Het	Bolív ar Exp. Het	P- valu e
B0	0,500	0,47	0,65	0,238	0,50	0,024	0,511	0,50	1,00	0,445	0,50	0,37
1	00	448	097	10	755	93	11	162	000	78	040	495
B0	0,464	0,49	0,65	0,428	0,39	1,000	0,688	0,48	0,00	0,421	0,49	0,18
2	29	437	814	57	605	00	89	964	874	69	838	301
B0	0,511	0,50	1,00	0,666	0,51	0,206	0,688	0,50	0,01	0,493	0,47	0,81
3	90	235	000	67	103	54	89	462	689	98	382	539
B0	0,357	0,37	0,76	0,380	0,31	1,000	0,466	0,46	1,00	0,554	0,49	0,37
4	14	725	864	95	591	00	67	966	000	22	419	057
B0	0,369	0,39	0,58	0,428	0,39	1,000	0,422	0,38	0,69	0,397	0,46	0,23
5	05	457	147	57	605	00	22	477	912	59	769	822
B0	0,488	0,49	1,00	0,190	0,25	0,337	0,355	0,32	0,66	0,506	0,44	0,32
6	10	722	000	48	087	57	56	360	494	02	980	410
B0	0,428	0,38	0,40	0,523	0,49	1,000	0,522	0,49	0,76	0,469	0,50	0,66
7	57	894	768	81	361	00	73	922	944	88	274	019
B0	0,500	0,47	0,65	0,571	0,48	0,642	0,488	0,49	1,00	0,602	0,49	0,07
8	00	448	018	43	316	33	89	938	000	41	945	614
B0	0,464	0,49	0,65	0,333	0,28	1,000	0,333	0,33	1,00	0,469	0,43	0,61
9	29	950	839	33	455	00	33	683	000	88	731	351
B1	0,369	0,43	0,20	0,523	0,43	0,61	0,511	0,40	0,13	0,421	0,44	0,62
0	05	449	698	81	788	148	11	574	089	69	578	797
G0	0,440	0,50	0,27	0,428	0,43	1,000	0,511	0,46	0,74	0,530	0,49	0,50
1	48	292	835	57	788	00	11	966	767	12	069	495
G0	0,416	0,47	0,25	0,666	0,51	0,204	0,555	0,48	0,35	0,506	0,50	1,00
2	67	726	845	67	103	81	56	065	426	02	296	000
G0	0,285	0,32	0,30	0,523	0,49	1,000	0,400	0,49	0,22	0,361	0,41	0,28
3	71	478	818	81	361	00	00	938	980	45	358	871
G0	0,571	0,47	0,10	0,238	0,28	0,447	0,333	0,30	1,00	0,433	0,40	0,58
4	43	990	867	10	455	21	33	986	000	73	307	792
G0	0,440	0,45	1,00	0,428	0,34	0,532	0,295	0,36	0,22	0,373	0,36	1,00
5	48	103	000	57	495	69	45	755	196	49	168	000
G0	0,523	0,48	0,50	0,523	0,47	0,664	0,422	0,44	1,00	0,409	0,49	0,12
6	81	474	043	81	038	62	22	170	000	64	419	446
G0	0,547	0,49	0,37	0,476	0,45	1,000	0,444	0,44	1,00	0,493	0,50	1,00
7	62	587	974	19	528	00	44	944	000	98	274	000
G0	0,630	0,49	0,01	0,428	0,47	1,000	0,555	0,49	0,54	0,518	0,48	0,64
8	95	437	395	57	038	00	56	663	571	07	434	658
G0	0,404	0,43	0,61	0,428	0,34	0,532	0,333	0,36	0,67	0,397	0,39	1,00
9	76	884	757	57	495	59	33	180	836	59	759	000
Y0	0,392	0,39	1,00	0,285	0,31	1,000	0,311	0,32	1,00	0,409	0,44	0,46
1	86	457	000	71	591	00	11	360	000	64	980	514
Y0	0,380	0,36	0,77	0,285	0,31	1,000	0,444	0,43	1,00	0,325	0,33	0,74
2	95	498	071	71	591	00	44	346	000	30	479	947
Y0	0,404	0,40	1,00	0,428	0,47	1,000	0,311	0,44	0,04	0,421	0,38	0,56
3	76	006	000	57	038	00	11	944	687	69	620	704
Y0	0,285	0,33	0,19	0,380	0,37	1,000	0,333	0,33	1,00	0,349	0,32	0,50
4	71	875	302	95	166	00	33	683	000	40	048	613
Y0	0,571	0,49	0,18	0,095	0,09	1,000	0,302	0,29	1,00	0,457	0,44	0,80
5	43	587	674	24	292	00	33	138	000	63	162	567
Y0	0,535	0,45	0,09	0,571	0,50	0,663	0,600	0,50	0,24	0,361	0,39	0,57
6	71	103	270	43	174	02	00	462	143	45	197	269
Y0	0,476	0,43	0,44	0,428	0,43	1,000	0,581	0,45	0,08	0,457	0,43	0,79
7	19	000	102	57	788	00	40	226	651	83	286	820
Y0	0,535	0,48	0,36	0,380	0,37	1,000	0,533	0,44	0,31	0,506	0,49	0,82
8	71	239	717	95	166	00	33	944	219	02	069	362
Y0	0,333	0,31	0,72	0,095	0,25	0,027	0,200	0,33	0,01	0,373	0,34	0,75
9	33	024	481	24	087	55	00	683	319	49	852	075

R0	0,476	0,49	0,82	0,142	0,28	0,061	0,355	0,32	0,66	0,481	0,44	0,62
1	19	587	523	86	455	44	56	360	503	93	980	155
R0	0,554	0,50	0,38	0,285	0,41	0,275	0,444	0,43	1,00	0,481	0,50	0,82
2	22	296	614	71	812	38	44	346	000	93	296	591
R0	0,476	0,38	0,04	0,476	0,50	1,000	0,600	0,48	0,21	0,542	0,47	0,25
3	19	894	753	19	174	00	00	964	534	17	937	476
R0	0,250	0,34	0,02	0,428	0,47	1,000	0,644	0,49	0,06	0,373	0,45	0,14
4	00	552	125	57	038	00	44	663	690	49	367	365
R0	0,404	0,45	0,34	0,333	0,39	0,578	0,422	0,36	0,40	0,493	0,46	0,64
5	78	480	006	33	605	52	22	180	904	98	769	281
R0	0,488	0,48	1,00	0,380	0,31	1,000	0,311	0,29	1,00	0,433	0,42	1,00
6	10	239	000	95	591	00	11	563	000	73	351	000
R0	0,500	0,49	1,00	0,380	0,41	1,000	0,533	0,49	0,76	0,542	0,49	0,50
7	00	843	000	95	812	00	33	938	425	17	573	282
R0	0,345	0,371	0,55	0,333	0,43	0,328	0,444	0,44	1,00	0,445	0,39	0,40
8	24	19	628	33	786	44	44	944	000	78	759	156
R0	0,476	0,49	0,82	0,285	0,31	1,000	0,355	0,37	0,70	0,506	0,47	0,64
9	19	587	441	71	591	00	56	353	298	02	083	006
R1	0,583	0,48	0,07	0,523	0,39	0,262	0,711	0,49	0,00	0,451	0,49	0,49
0	33	695	703	81	605	17	11	338	495	22	401	884

Análisis de estructura poblacional.

Para determinar la estructura genética, es necesario comprender el patrón de variación genética de la especie, lo que significa evaluar los genotipos de diferentes individuos y determinar las frecuencias alélicas de la población.

Con el fin de estimar la proporción de la variación genética que se encuentra dentro y entre las poblaciones se emplean los estadísticos F de Wright (1951), método basado en la idea que la subdivisión de una población lleva consigo un efecto similar a la endogamia; y por tanto, es posible medir este efecto en términos de la reducción en la proporción de genotipos heterocigóticos, es decir, en términos de H.

El efecto de la subdivisión de la población se mide por un parámetro denominado “índice de fijación” (simbolizado por FST), que es la reducción promedio en la heterocigosidad de una subpoblación debido a la deriva genética por azar, es decir, el FST mide la reducción en la heterocigosidad debida a diferenciación genética entre poblaciones (Holsinger & Weir, 2009; Piñero, 2008).

FST es siempre mayor que (o igual a) cero, debido al efecto Wahlund, que asegura que $H_T > H_S$ media. Si todas las subpoblaciones están en equilibrio Hardy-Weinberg con las mismas frecuencias alélicas, entonces $FST=0$. A medida que FST aumenta, aumenta la estructuración, aislamiento y diferencias entre las poblaciones. Donde H_T es el promedio

de la heterocigosis esperada en la población total para todos los loci y HS son el promedio de la heterocigosis esperada dentro de subpoblaciones para todos los loci.

Para determinar el Índice de fijación FST de las poblaciones estudiadas, se analizaron los datos en software Arlequín Versión 3.5.1.3 (Excoffier & H.E. L. Lischer, 2010), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8. Índices de fijación FST (arriba) y respectivos P-value (abajo) para las poblaciones estudiadas.

	Meta	Arauca	Huila	Cund.Boyaca	Antioquia	Chocó	Nativo	Nariño	Bolívar
Meta	0,00								
Arauca	108	0,00							
Huila	195	0,00	0,00						
Cund.Boyaca	195	0,00	-	0,00					
Antioquia	577	0,00	0,00	0,00176	0,02782				
Chocó	938	0,02	0,04	0,03482	0,02782	0,07			
Nativo	851	0,01	0,02	0,02381	0,03543	0,05	0,00		
Nariño	822	0,00	0,01	0,00913	0,01898	0,05	0,00	0,02327	
Bolívar	209	0,01	0,00	0,00561	0,00821	0,01	0,03		
	209	465	920			437	806		
	Meta	Arauca	Huila	Cund.Boyaca	Antioquia	Chocó	Nativo	Nariño	Bolívar
Meta	0,27								
Arauca	0,27	0,01							
Huila	0,22	0,01	0,04						
Cund.Boyaca	523	0,02	0,09	0,18018					
Antioquia	559	0,02	0,09	0,18018	0,00000				
Chocó	802	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00			
Nativo	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00	0,22		
Nariño	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00	0,22	0,00000	
Bolívar	901	0,00	0,01	0,00000	0,00000	0,00	0,00		
	0,00	802	0,00			0,00	0,00		

La comparación por pares de poblaciones o índices de fijación arrojó resultados significativos entre varias de ellas.

Inicialmente se observó que el grupo de poblaciones conformadas por los Departamentos de Meta, Arauca, Huila, Cundinamarca - Boyacá y Antioquia no presentan diferencias significativas entre sí.

A su vez es notoria la diferencia que existe entre la población del Chocó y el resto de poblaciones; del mismo modo se comportan las poblaciones de Nariño y Nativo respecto a las demás poblaciones.

La población de Bolívar no presenta diferencias significativas con Arauca, pero sí presenta diferencias con las demás regiones.

La distribución de variación genética global evaluada mediante

análisis de varianza molecular AMOVA, refleja que apenas 1,65% de la variación observada en los datos se debe a diferencias entre las poblaciones, mientras que más del 98% se debe a la variación genética existente entre individuos dentro de las poblaciones; esto refleja que los marcadores genéticos Indels utilizados son de gran utilidad forense debido a que son altamente discriminativos y potentes para individualización.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el análisis de los índices de fijación y estudios anteriores realizados con estas mismas muestras (Ibarra, Freire-Aradas, et al., 2014; Ibarra, Restrepo, et al., 2014), además de un estudio poblacional realizado con marcadores los micro satélites CODIS en el año 2003 (Paredes et al., 2003) se decidió agrupar las poblaciones analizadas en 5 regiones diferentes:

Andina Central - Orinoquía: Conformada por los Departamentos de Meta, Arauca, Antioquia, Huila, Cundinamarca - Boyacá.

Región Pacífica del Norte de Colombia: Chocó

Nativo: Pastos

Andina Suroccidental: Nariño

Caribe: Bolívar

Al realizar un nuevo análisis de los Índices de fijación F_{ST} para los grupos de poblaciones que se propone (Ver tabla 9), se observa que todas las regiones presentan diferencias significativas, excepto entre Nariño y Nativo: Pastos; una explicación de este fenómeno puede deberse al bajo muestreo de la población de Nativos: Pastos; sin embargo, respeto a estas, se decide no juntarlas debido a que cada una de ellas presenta evidencias de diferenciación significativa respecto a otras regiones del país y al soporte de diferenciación genética aportado por estudios anteriores, con marcadores SNPs autosómicos (Ibarra, Freire-Aradas, et al., 2014) e Indels del cromosoma X (Ibarra, Restrepo, et al., 2014).

Tabla 9. Índices de fijación FST y P-value para los grupos de poblaciones estudiadas.

	Andina Central- Orinoquía	Reg. Pacífica Norte	Nativo: Pastos	Andina Suroccidental	Car ibe
Andina Central- Orinoquía					
Reg. Pacífica Norte	0,03513				
Nativo: Pastos	0,02422	0,07424			
Andina Suroccidental	0,01145	0,05575	0,00129		
Caribe	0,00726	0,01437	0,03806	0,02327	
	Andina Central- Orinoquía	Reg. Pacífica Norte	Nativo: Pastos	Andina Suroccidental	Car ibe
Andina Central- Orinoquía					
Reg. Pacífica Norte	0,00000				
Nativo: Pastos	0,00000	0,00000			
Andina Suroccidental	0,00000	0,00000	0,26126		
Caribe	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	

En la misma línea de raciocinio, el análisis de varianza molecular AMOVA para estos grupos de poblaciones refleja que existe una diferenciación del 2,23% entre las poblaciones; aunque relativamente bajo, este pequeño aumento suporta que el nuevo agrupamiento realmente está sustentado en una mayor diferenciación entre las regiones consideradas. A continuación, más del 97% de la variación genética observada se debe a la variación entre los individuos que componen las mismas, la gran utilidad de los marcadores genéticos en identificación forense.

Análisis de desequilibrio de ligamiento (DL).

El término ligamiento (Linkage) se utiliza para describir la tendencia de loci sinténicos a ser transmitidos juntos luego de la meiosis. Si la frecuencia de recombinación entre dos loci es cero, los mismos se encuentran fuertemente ligados. Si por el contrario, esta es igual a 0,5 entonces los dos loci no están ligados y se segregan independientemente (Toscanini, 2010). De modo que estando dos genes próximos en un mismo cromosoma, la probabilidad de heredar en bloque los alelos provenientes de los gametos paterno y materno aumenta. Como resultado medible hay un desequilibrio en las frecuencias alélicas respecto a lo esperado por la ley de Hardy-Weinberg.

El análisis de ligamiento entre dos loci requiere la determinación de la fre-

cuencia de recombinación entre ellos, para lo cual es necesario el análisis de un número significativo de meiosis. La fracción de recombinación se utiliza como medida de distancia genética. La unidad de distancia genética se denomina centimorgan (cM) y se define como la distancia existente entre dos loci que muestran en promedio un 1% de gametos recombinantes. Es decir que un valor de 1%, equivale a 1cM (Toscanini, 2010).

Un fenómeno derivado de los conceptos de ligamiento y de distancias genéticas es el desequilibrio de ligamiento. Los loci que se encuentran fuertemente ligados y que forman parte de un mismo segmento cromosómico constituyen un haplotipo. Por lo general los haplotipos se heredan como unidades con alta probabilidad. El conocimiento de las frecuencias de los loci individuales no implica que podamos deducir las frecuencias de los posibles haplotipos formados por los alelos de cada locus. Si las frecuencias alélicas de los loci individuales es la misma que las observadas en un haplotipo, se dice que los alelos están en equilibrio de ligamiento. En contraste, cuando la frecuencia de un haplotipo, determinada en forma empírica, resulta ser significativamente mayor o menor que la esperada a partir de las frecuencias de los loci individuales, se dice que esos alelos se encuentran en desequilibrio de ligamiento (Toscanini, 2010).

En los resultados obtenidos en el análisis de desequilibrio de ligamiento por pares de loci en las poblaciones estudiadas, mediante el software Arlequín-Versión 3.5.1.3 (Excoffier & H.E. L. Lischer, 2010) y considerando inicialmente a igual a 0,05, se observaron resultados significativos en varios pares de loci en todas las poblaciones analizadas. Se realizó un ajuste a los P-value de los análisis realizados para descartar los posibles falsos positivos por medio de la corrección de Bonferroni arrojando una α ajustado de 0,0000711, con el cual permanecen finalmente tres pares de loci en desequilibrio de ligamiento estadísticamente significativo en tres de las poblaciones analizadas. En la población de Arauca hay DL entre los loci B02 y R06, ubicados en los cromosomas 1 y 20, respectivamente. En Nariño hay DL entre los loci Y05 y Y07, ubicados en los cromosomas 12 y 14, respectivamente y finalmente en la población de Bolívar hay DL entre los loci G01 y Y09, ubicados en los cromosomas 6 y 16, respectivamente. Importa destacar que los valores de DL significativos observados no se mantienen transversalmente para un mismo par de marcadores o en todas las poblaciones, sustentando que posiblemente no se trate de real asociación entre esos loci, sino de otros efectos

como por ejemplo deriva de muestreo. Además, todos los loci se encuentran ubicados en cromosomas diferentes, lo que naturalmente conlleva a una segregación independiente de alelos para cada uno de estos.

Haciendo una interpretación global de los resultados obtenidos y considerando la localización de los marcadores en el genoma, así como otros estudios utilizando este sistema (F. S. N. Manta et al., 2013; Pereira et al., 2009), se consideró que en el cálculo de parámetros estadísticos de interés forense, será posible tratar estos Indels como marcadores independientes y consecuentemente aplicar con seguridad la regla del producto.

3.8.1 Análisis por pool genético.

El acervo genético (gene pool) de una especie o población es el grupo completo de alelos únicos que se encontrarían al inspeccionar el material genético de la totalidad de los individuos existentes en dicha población. Un acervo genético amplio se asocia a una diversidad genética amplia («Los diccionarios y las enciclopedias sobre el Académico», 2012).

Los análisis realizados, considerando inicialmente cada departamento como una población, dieron resultados que permitieron considerar un agrupamiento de algunas poblaciones mediante su homogeneidad genética. Según los datos FST, reflejados en la tabla 9, se puede observar un análisis por pool genético en el cual se consideraron cinco regiones o poblaciones en total.

Considerando este pool por regiones, se realizaron de nuevo los cálculos de frecuencias alélicas (Ver tabla 10 y 11) y determinación del Equilibrio de Hardy Weinberg. Este último arrojó resultados similares a los realizados en las nueve poblaciones iniciales, es decir que todos los marcadores indels se encuentran en equilibrio. Así mismo, y considerando la necesidad de utilización de bases de datos de frecuencia propias en cada una de las 5 regiones de Colombia presentadas, se realizó la determinación de los correspondientes parámetros estadísticos forenses y de paternidad.

Las frecuencias alélicas servirán como base de datos para que los Laboratorios de Genética Forense en Colombia puedan utilizarlas como soporte estadístico de los análisis de pruebas de filiación y criminalística para los 38 marcadores genéticos Indels.

Tabla 10. Distribución de Frecuencias alélicas de los marcadores Indels para el alelo 1 (alelo corto), en las regiones objeto de estudio: N= 558, Andina Central - Orinoquía (325), Región Pacífica del Norte (84), Nativo: Pastos (21), Andina Suroccidental (45), Caribe (83).

	ORINOQ UIA				
B0 1	0,42923	0,38095	0,54762	0,45556	0,463 86
B0 2	0,50308	0,43452	0,26190	0,41111	0,451 81
B0 3	0,41077	0,51786	0,47619	0,52222	0,379 52
B0 4	0,53692	0,25000	0,80952	0,63333	0,433 73
B0 5	0,45988	0,26786	0,26190	0,25556	0,367 47
B0 6	0,23538	0,44643	0,14286	0,20000	0,337 35
B0 7	0,52866	0,73810	0,59524	0,55682	0,487 95
B0 8	0,40462	0,38095	0,61905	0,44444	0,457 83
B0 9	0,66462	0,54167	0,83333	0,78889	0,680 72
B1 0	0,29077	0,31548	0,30952	0,27778	0,331 33
G0 1	0,45385	0,49405	0,30952	0,36667	0,421 69
G0 2	0,56769	0,38690	0,47619	0,61111	0,493 98
G0 3	0,34615	0,20238	0,40476	0,44444	0,289 16
G0 4	0,22615	0,39286	0,16667	0,18889	0,277 11
G0 5	0,17593	0,33929	0,21429	0,23864	0,234 94
G0 6	0,50923	0,40476	0,64286	0,67778	0,433 73
G0 7	0,63043	0,55952	0,66667	0,66667	0,512 05
G0 8	0,53846	0,43452	0,64286	0,56667	0,403 61
G0 9	0,24689	0,32143	0,21429	0,23333	0,271 08
Y0 1	0,34722	0,26786	0,19048	0,20000	0,337 35
Y0 2	0,22769	0,23810	0,19048	0,31111	0,210 84
Y0 3	0,29538	0,27381	0,35714	0,33333	0,259 04
Y0 4	0,22923	0,21429	0,23810	0,21111	0,198 80
Y0 5	0,34056	0,44048	0,04762	0,17442	0,325 30
Y0 6	0,69077	0,66071	0,42857	0,52222	0,734 94
Y0 7	0,33077	0,30952	0,30952	0,33721	0,313 25
Y0	0,66615	0,60119	0,76190	0,66667	0,578

8					31
Y0	0,21692	0,19048	0,14286	0,21111	0,222
9					89
R0	0,24000	0,55952	0,16667	0,20000	0,337
1					35
R0	0,66308	0,49398	0,71429	0,68889	0,493
2					98
R0	0,40615	0,26190	0,42857	0,41111	0,391
3					57
R0	0,35231	0,22024	0,35714	0,56667	0,343
4					37
R0	0,29385	0,34524	0,26190	0,23333	0,367
5					47
R0	0,77692	0,60119	0,80952	0,82222	0,698
6					80
R0	0,59077	0,54762	0,71429	0,55556	0,560
7					24
R0	0,25077	0,24405	0,30952	0,33333	0,271
8					08
R0	0,21451	0,44048	0,19048	0,24444	0,373
9					49
R1	0,54938	0,58929	0,73810	0,57778	0,567
0					07

Tabla 11. Distribución de Frecuencias alélicas de los marcadores Indels para el alelo 2 (alelo largo), en las regiones objeto de estudio: N= 558, Andina Central - Orinoquía (325), Región Pacífica del Norte (84), Nativo: Pastos (21), Andina Suroccidental (45), Caribe (83).

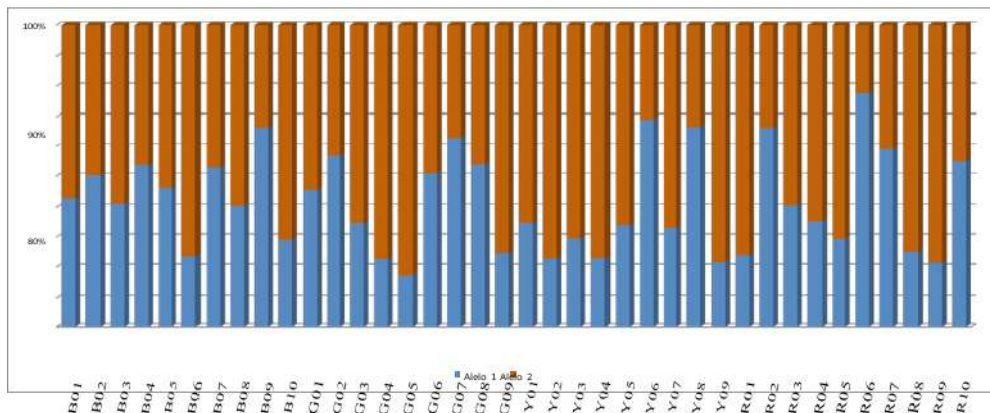
	ORINOQ UIA				
B 0 1	0,57077	0,61905	0,45238	0,54 444	0,53614
B 0 2	0,49692	0,56548	0,73810	0,58 889	0,54819
B 0 3	0,58923	0,48214	0,52381	0,47 778	0,62048
B 0 4	0,46308	0,75000	0,19048	0,36 667	0,56627
B 0 5	0,54012	0,73214	0,73810	0,74 444	0,63253
B 0 6	0,76462	0,55357	0,85714	0,80 000	0,66265
B 0 7	0,47134	0,26190	0,40476	0,44 318	0,51205
B 0 8	0,59538	0,61905	0,38095	0,55 556	0,54217
B 0 9	0,33538	0,45833	0,16667	0,21 111	0,31928
B 1 0	0,70923	0,68452	0,69048	0,72 222	0,66867

G 0 1	0,54462	0,50595	0,69048	0,63 333	0,57831
G 0 2	0,43231	0,61310	0,52381	0,38 889	0,50602
G 0 3	0,65385	0,79762	0,59524	0,55 556	0,71084
G 0 4	0,77385	0,60714	0,83333	0,81 111	0,72289
G 0 5	0,82407	0,66071	0,78571	0,76 136	0,76506
G 0 6	0,49077	0,59524	0,35714	0,32 222	0,56627
G 0 7	0,36957	0,44048	0,33333	0,33 333	0,48795
G 0 8	0,46154	0,56548	0,35714	0,43 333	0,59639
G 0 9	0,75311	0,67857	0,78571	0,76 667	0,72892
Y 0 1	0,65278	0,73214	0,80952	0,80 000	0,66265
Y 0 2	0,77231	0,76190	0,80952	0,68 889	0,78916
Y 0 3	0,70462	0,72619	0,64286	0,66 667	0,74096

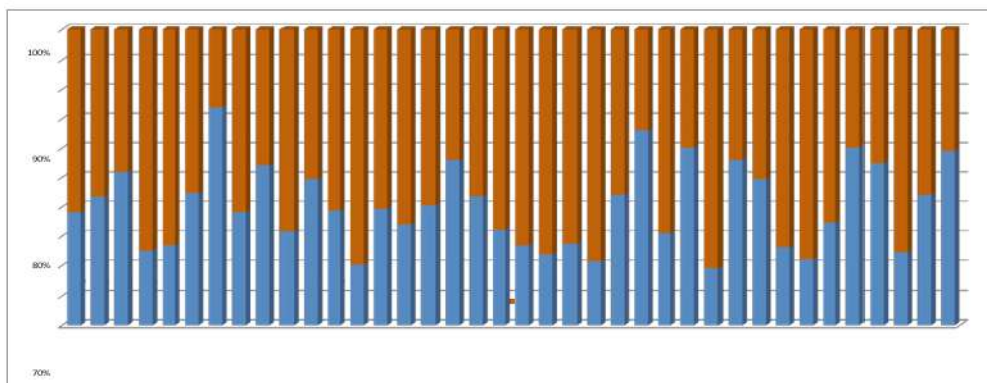
Y 0 4	0,77077	0,78571	0,76190	0,78 889	0,80120
Y 0 5	0,65944	0,55952	0,95238	0,82 558	0,67470
Y 0 6	0,30923	0,33929	0,57143	0,47 778	0,26506
Y 0 7	0,66923	0,69048	0,69048	0,66 279	0,68675
Y 0 8	0,33385	0,39881	0,23810	0,33 333	0,42169
Y 0 9	0,78308	0,80952	0,85714	0,78 889	0,77711
R 0 1	0,76000	0,44048	0,83333	0,80 000	0,66265
R 0 2	0,33692	0,50602	0,28571	0,31 111	0,50602
R 0 3	0,59385	0,73810	0,57143	0,58 889	0,60843
R 0 4	0,64769	0,77976	0,64286	0,43 333	0,65663
R 0 5	0,70615	0,65476	0,73810	0,76 667	0,63253
R 0 6	0,22308	0,39881	0,19048	0,17 778	0,30120
R 0 7	0,40923	0,45238	0,28571	0,44 444	0,43976
R 0 8	0,74923	0,75595	0,69048	0,66 667	0,72892
R 0 9	0,78549	0,55952	0,80952	0,75 556	0,62651
R 1 0	0,45062	0,41071	0,26190	0,42 222	0,43293

En las siguientes gráficas, se muestra la distribución de los alelos 1 y 2 para cada loci y grupo de población analizado.

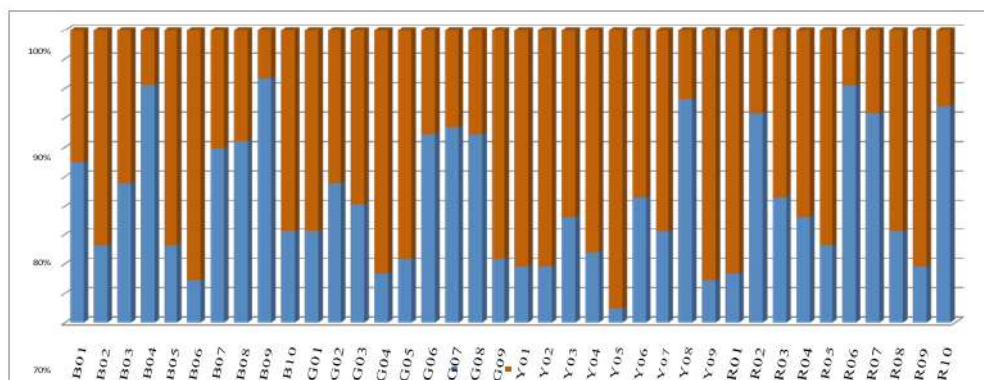
Gráfica 1. Distribución de las frecuencias alélicas para Región Andina Central – Orinoquía.



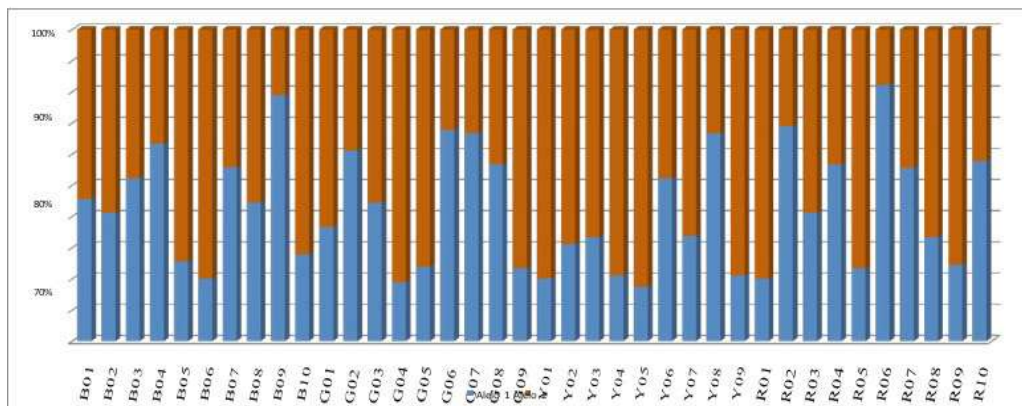
Gráfica 2. Distribución de las frecuencias alélicas Región Pacífica Norte.



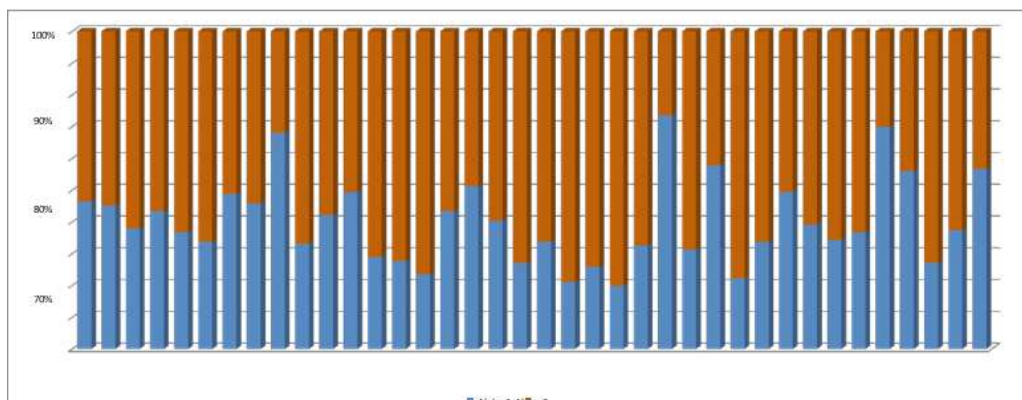
Gráfica 3. Distribución de las frecuencias alélicas para Nativo: Pastos.



Gráfica 4. Distribución de las frecuencias alélicas para Región Andina Suroccidental.



Gráfica 5. Distribución de las frecuencias alélicas para Región Caribe.



En general se observa distribución similar de los alelos por loci en cada población, con algunas diferencias evidentes en la población de Nativos, donde se observan locus como el Y05, con muy baja frecuencia del alelo 1, en contra de una muy alta frecuencia del alelo 2.

Las frecuencias alélicas de una población en particular, realizada por cada loci analizado, son la base de la valoración estadística para las pruebas de ADN en el área de criminalística y filiación, es decir que posterior a los análisis genéticos y tras haber coincidencia entre una evidencia y una muestra de referencia (de la víctima o el victimario) o entre un presunto padre y un hijo, los resultados genéticos deben ser valorados estadísticamente por métodos bayesianos, teniendo en cuenta la frecuencia con la que el perfil genético identificado se presenta en la población. Por esto es importante conocer cuál es el grupo

o población de referencia que ha de tomarse como población para dicha valoración estadística.

Es por esto que uno de los mayores aportes investigativos de este trabajo es entregar esta base de datos para los Laboratorios de Genética Forense en Colombia, que deseen implementar los marcadores genéticos indels analizados.

3.9 Parámetros estadísticos: estimadores forenses y de paternidad.

La determinación de los estimadores forenses y de paternidad permiten el uso de los marcadores genéticos Indels aplicados a los casos de criminalística y filiación en el Laboratorio de Genética Forense y suelen obedecer a las siguientes situaciones:

Identificación: Cuando tienen como finalidad determinar o descartar la identificación de un individuo vivo, de un cadáver reciente o de unos restos cadavéricos (Martínez Jarreta, 1999).

Criminalística: Cuando lo que hay que determinar o descartar es la participación de uno o más individuos en cualquier tipo de delito, en el que las muestras biológicas puedan ser informativas (Martínez Jarreta, 1999).

Paternidad y/o maternidad: Si lo que hay que calcular es la probabilidad que un individuo proceda biológicamente de otro (maternidad o paternidad) (Martínez Jarreta, 1999).

Los parámetros estadísticos son diferentes para cada situación y pueden clasificarse, según se utilicen para obtener datos relativos a las técnicas utilizadas o a resultados directamente valorables en cada caso individual, en parámetros a priori y a posteriori, respectivamente. Como su nombre lo indican los parámetros apriorísticos deberán establecerse en primer lugar para saber de qué potencial se dispone; los segundos estarán subordinados a los primeros y proporcionarán resultados directamente valorables (Martínez Jarreta, 1999).

El análisis de los estimadores forenses y de paternidad se obtuvieron mediante el programa PowerStats V12 (Tereba, 1999).

Probabilidad de coincidencia (PC).

Es la probabilidad que dos individuos elegidos al azar tengan idénticos genotipos en uno o varios sistemas genéticos dados, o de forma semejante, la probabilidad que un individuo tomado al azar en una población presente el mismo perfil genético que el de la muestra analizada. Puede simplificarse en la siguiente fórmula (Jones, 1972; Smalldon & Moffat, 1973):

$$PC = \sum p_i^2$$

Siendo p_i la frecuencia del genotipo i para cada locus.

Se realizó cálculo individual de la PC para cada uno de los marcadores analizados y se encontró un promedio por marcador entre 42% y 48% para los grupos de regiones analizadas, lo que indica que con un solo marcador genético hay entre 42% y 48% de probabilidad de encontrar dos personas con el mismo genotipo. Finalmente se calculó la Probabilidad de Coincidencia acumulada para todos los marcadores, la cual arrojó valores entre $5,93 \times 10^{-15}$ y $1,16 \times 10^{-13}$, lo que indica que es prácticamente improbable que con los 38 marcadores genéticos Indel, se puedan encontrar dos individuos con el mismo genotipo en las poblaciones analizadas.

Tabla 12. Probabilidad de Coincidencia (PC) para los grupos de poblaciones analizadas.

Locus	ANDINA CENTRAL - ORINOQUÍA	REG. PACIFICA NORTE	NATIVO: PASTOS	ANDINA SUROCCIDEN TAL	CARIBE
B01	0,38579	0,40334	0,35147	0,38469	0,35491
B02	0,36981	0,36763	0,46032	0,53877	0,34969
B03	0,37274	0,38180	0,50113	0,52395	0,40107
B04	0,40302	0,45918	0,52834	0,39556	0,41530
B05	0,37822	0,44303	0,46032	0,46469	0,37466
B06	0,47832	0,37500	0,61905	0,51407	0,43098
B07	0,38156	0,46032	0,40590	0,39360	0,36159
B08	0,41092	0,40334	0,44671	0,37580	0,44549
B09	0,40363	0,36253	0,55556	0,50025	0,42662

B10	0,43099	0,40334	0,46032	0,47951	0,40195
G01	0,40071	0,35062	0,41950	0,41630	0,40369
G02	0,36159	0,36933	0,50113	0,43210	0,37814
G03	0,41431	0,51389	0,40590	0,34617	0,42343
G04	0,48372	0,44133	0,56916	0,52691	0,44782
G05	0,54704	0,40221	0,51020	0,47211	0,47627
G06	0,38238	0,40590	0,42857	0,40840	0,35085
G07	0,37479	0,40930	0,41950	0,40741	0,37233
G08	0,36856	0,47477	0,38776	0,41630	0,40311
G09	0,46416	0,40476	0,51020	0,47556	0,44433
Y01	0,40895	0,44643	0,52834	0,51407	0,39498
Y02	0,48209	0,47392	0,52834	0,42321	0,50065
Y03	0,42502	0,44331	0,38776	0,38963	0,46117
Y04	0,48224	0,50000	0,47392	0,50025	0,51517
Y05	0,41504	0,42545	0,82766	0,54678	0,41762
Y06	0,42127	0,44643	0,42857	0,44099	0,44491
Y07	0,40970	0,43651	0,41950	0,47864	0,42633
Y08	0,40764	0,41525	0,47392	0,44889	0,39033
Y09	0,49467	0,52494	0,67347	0,52691	0,48933
R01	0,46986	0,37103	0,60998	0,51407	0,41936
R02	0,38958	0,40659	0,42857	0,42321	0,36653
R03	0,38598	0,47732	0,37415	0,45580	0,42227
R04	0,40044	0,50028	0,38776	0,48741	0,38482
R05	0,42843	0,38889	0,44671	0,48741	0,40717
R06	0,48673	0,38974	0,52834	0,54173	0,42749
R07	0,39704	0,37954	0,42857	0,39951	0,40601
R08	0,46251	0,46457	0,40590	0,40741	0,45711
R09	0,49670	0,37103	0,52834	0,46469	0,41007
R10	0,39674	0,44303	0,50113	0,55951	0,36318

PC	5,13238E-15	5,93065E-15	5,01069E-13	1,16131E-13	2,54031E-15
acumulado					

Poder de discriminación (PD).

Se define como la probabilidad que dos individuos no relacionados y tomados al azar puedan ser diferenciados genéticamente mediante el análisis de un marcador o conjunto de marcadores. Del mismo modo, se define como la capacidad que tiene un laboratorio para analizar un vestigio y diferenciarlo de otro tomado al azar (Martínez Jarreta, 1999).

El poder de discriminación (PD) se calcula de la siguiente manera:

$$PD = 1 - PC$$

Se realizó cálculo individual del PD para cada uno de los marcadores analizados y se encontró un promedio por marcador entre 52% y 58% para los grupos de poblaciones analizadas, lo que indica que con un solo marcador, hay entre un 52% y 58% de probabilidad de diferenciar genéticamente un individuo de otro tomado al azar de la población. El Poder de Discriminación acumulado para todos los marcadores suele arrojar valores superiores a 99,99% en todas las poblaciones, lo que indica que, en conjunto, los 38 marcadores Indels son una excelente herramienta para el análisis de evidencias forenses.

Tabla 13. Poder de Discriminación (PD) para los grupos de poblaciones analizadas.

Lo cu s	ANDINA CENTRAL - ORINOQUÍA	REG. PACIFICA NORTE	NATIVO: PASTOS	ANDINA SUROCCIDEN TAL	CARIBE
B0 1	0,61421	0,59666	0,64853	0,61531	0,64509
B0 2	0,63019	0,63237	0,53968	0,46123	0,65031
B0 3	0,62726	0,61820	0,49887	0,47605	0,59893
B0 4	0,59698	0,54082	0,47166	0,60444	0,58470
B0 5	0,62178	0,55697	0,53968	0,53531	0,62534
B0 6	0,52168	0,62500	0,38095	0,48593	0,56902
B0 7	0,61844	0,53968	0,59410	0,60640	0,63841
B0 8	0,58908	0,59666	0,55329	0,62420	0,55451
B0 9	0,59637	0,63747	0,44444	0,49975	0,57338
B1 0	0,56901	0,59666	0,53968	0,52049	0,59805
G0 1	0,59929	0,64938	0,58050	0,58370	0,59631
G0 2	0,63841	0,63067	0,49887	0,56790	0,62186
G0 3	0,58569	0,48611	0,59410	0,65383	0,57657
G0 4	0,51628	0,55867	0,43084	0,47309	0,55218
G0 5	0,45296	0,59779	0,48980	0,52789	0,52373

Contenido de información polimórfica (PIC).

Indica la calidad de un marcador respecto al polimorfismo detectado en un marcador genético. Su valor depende del número de alelos y de la distribución de frecuencias (Botstein et al., 1980; Martínez, Cavagnaro, & Masuelli, 2006).

Valores superiores de 0,5 se consideran muy informativos; valores entre 0,25 y 0,5 medianamente informativos y los valores inferiores a 0,25 poco informativos.

$$PIC = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2 - \sum_{j=1}^n p_j^2$$

p_i = frecuencia del alelo i para el locus estudiado

p_j = frecuencia del alelo $(i+1)$

Para todos los grupos de regiones se obtuvo un PIC promedio entre 0,31 y 0,36 por marcador genético, lo que indica que estos son medianamente informativos. Esta medida está relacionada directamente con grado de polimorfismo de cada marcador, reflejado en la cantidad de alelos presentes. Es claro que al ser estos marcadores bialélicos, confirman el resultado obtenido; por lo que para su uso en estudios de criminalística y filiación, es necesario utilizar hasta tres veces la cantidad de marcadores genéticos, respecto a los que normalmente se utilizan con STRs (Amorim & Pereira, 2005; Pereira et al., 2009; Sánchez et al., 2006).

Tabla 14. Contenido de Información Polimórfica (PIC) para los grupos de poblaciones analizadas.

Locu s	ANDINA CENTRAL - ORINOQUÍA	REG. PACÍFICA NORTE	NATIVO: PASTOS	ANDINA SUROCCIDEN TAL	CARIBE
B01	0,36994	0,36043	0,37272	0,37302	0,37369
B02	0,37499	0,37068	0,31188	0,36697	0,37267
B03	0,36691	0,37468	0,37443	0,37451	0,36006
B04	0,37363	0,30469	0,26084	0,35659	0,37057
B05	0,37338	0,31530	0,31188	0,30811	0,35682
B06	0,29517	0,37211	0,21491	0,26880	0,34715
B07	0,37418	0,31188	0,36577	0,37175	0,37485
B08	0,36574	0,36043	0,36043	0,37189	0,37322
B09	0,34643	0,37326	0,23920	0,27761	0,34021
B10	0,32739	0,33863	0,33609	0,32074	0,34493
G0 1	0,37286	0,37496	0,33609	0,35659	0,36879
G0 2	0,37038	0,36188	0,37443	0,36235	0,37496
G0 3	0,35021	0,27073	0,36577	0,37189	0,32659

G04	0,28876	0,36326	0,23920	0,25947	0,32038
G05	0,24792	0,34784	0,28004	0,29736	0,29487
G06	0,37491	0,36577	0,35376	0,34140	0,37057
G07	0,35741	0,37143	0,34568	0,34568	0,37485
G08	0,37352	0,37068	0,35376	0,37052	0,36554
G09	0,30273	0,34108	0,28004	0,29378	0,31711
Y01	0,35057	0,31530	0,26084	0,26880	0,34715
Y02	0,28985	0,29700	0,26084	0,33678	0,27741
Y03	0,32963	0,31860	0,35376	0,34568	0,31019
Y04	0,29093	0,28004	0,29700	0,27761	0,26781
Y05	0,34829	0,37143	0,08659	0,24652	0,34262
Y06	0,33596	0,34784	0,36985	0,37451	0,31371
Y07	0,34472	0,33609	0,33609	0,34709	0,33769
Y08	0,34587	0,36455	0,29700	0,34568	0,36879
Y09	0,28203	0,26084	0,21491	0,27761	0,28642
R01	0,29826	0,37143	0,23920	0,26880	0,34715
R02	0,34699	0,37496	0,32486	0,33678	0,37496
R03	0,36604	0,31188	0,36985	0,36697	0,36297
R04	0,35224	0,28448	0,35376	0,37052	0,34926
R05	0,32889	0,34990	0,31188	0,29378	0,35682
R06	0,28655	0,36455	0,26084	0,24961	0,33236
R07	0,36663	0,37272	0,32486	0,37189	0,37134
R08	0,30517	0,30090	0,33609	0,34568	0,31711
R09	0,28021	0,37143	0,26084	0,30116	0,35848
R10	0,37255	0,36690	0,31188	0,36888	0,37046

3.9.1 Probabilidad de exclusión a priori (PE)

Es la probabilidad que un sistema genético específico muestre evidencias que conduzcan a la exclusión de un individuo (Boyd, 1954). Es un valor estadístico porcentual función directa del polimorfismo de un marcador, de forma que cuanto más polimórfico es un sistema y más equilibradas están las funciones de sus alelos, tanto mayor será su probabilidad de exclusión a priori y por tanto su eficiencia en la investigación de paternidad.

El cálculo de este valor estadístico es muy simple cuando se trata de sistemas bialélicos o trialélicos. En sistemas genéticos codominantes de dos alelos, el valor de PE se obtiene por la siguiente fórmula (Essen-Möller, 1938):

$$PE = pq(1-pq)$$

p es la probabilidad que un individuo sea transmisor del gen 1
q es la probabilidad que un individuo sea transmisor del gen 2.

El análisis de la PE arrojó valores entre 99,69% y 99,95% para las regiones analizadas. Estos valores indican que el sistema de 38 marcadores Indel, puede excluir a individuos falsamente acusados con una probabilidad del 99%.

Tabla 15. Probabilidad de Exclusión a priori (PE) para los grupos de poblaciones analizadas.

Locu s	ANDINA CENTRAL - ORINOQUÍA	REG. PACÍFICA NORTE	NATIVO: PASTOS	ANDINA SUROCCIDEN TAL	CARIBE
B0 1	0,18885	0,18750	0,04102	0,19741	0,14430
B0 2	0,17825	0,15812	0,13227	0,41128	0,12766
B0 3	0,15367	0,19813	0,37860	0,41128	0,18228
B0 4	0,22961	0,08990	0,10275	0,15996	0,23950
B0 5	0,18750	0,09618	0,13227	0,12802	0,11246
B0 6	0,10841	0,17729	0,02722	0,08908	0,19283
B0 7	0,19600	0,13227	0,20920	0,20817	0,16248
B0 8	0,21737	0,18750	0,25799	0,17796	0,29378
B0 9	0,13801	0,15812	0,07819	0,07819	0,16248
B1 0	0,12355	0,09618	0,20920	0,19741	0,12766

G0	0,22343	0,14051	0,13227	0,19741	0,21524
1					
G0	0,14457	0,12438	0,37860	0,24090	0,19283
2					
G0	0,17312	0,05783	0,20920	0,11392	0,09213
3					
G0	0,07074	0,25799	0,04102	0,07819	0,13580
4					
G0	0,05715	0,14051	0,13227	0,06169	0,09860
5					
G0	0,19991	0,20920	0,20920	0,12802	0,11989
6					
G0	0,11620	0,23267	0,16750	0,14334	0,18228
7					
G0	0,17059	0,32968	0,13227	0,24090	0,20381
8					
G0	0,09986	0,11684	0,13227	0,07819	0,11246
9					
Y0	0,16433	0,10964	0,05783	0,06821	0,11989
1					
Y0	0,08666	0,10275	0,05783	0,14334	0,07448
2					
Y0	0,11771	0,11684	0,13227	0,06821	0,12766
3					
Y0	0,09795	0,05783	0,10275	0,07819	0,08597
4					
Y0	0,16798	0,25799	0,00766	0,06450	0,15319
5					
Y0	0,13587	0,22071	0,25799	0,29088	0,09213
6					
Y0	0,14457	0,16750	0,13227	0,26915	0,15319
7					
Y0	0,14457	0,22071	0,10275	0,21837	0,19283
8					
Y0	0,09138	0,07819	0,00766	0,02976	0,09860
9					
R0	0,09299	0,16750	0,01612	0,08908	0,17217
1					
R0	0,10135	0,23950	0,05783	0,14334	0,17217
2					
R0	0,17567	0,16750	0,16750	0,29088	0,22714
3					
R0	0,15367	0,04492	0,13227	0,34764	0,09860
4					
R0	0,12355	0,11684	0,07819	0,12802	0,18228
5					
R0	0,07628	0,17729	0,10275	0,06821	0,13580
6					
R0	0,19710	0,18750	0,10275	0,21837	0,22714
7					
R0	0,10841	0,08391	0,07819	0,14334	0,14430
8					
R0	0,08565	0,16750	0,05783	0,08908	0,19283
9					
R1	0,21596	0,27136	0,20920	0,44566	0,14827
0					

PE 99,73% 99,89% 99,69% 99,95% 99,86%

acumulado

3.10 Análisis de casos

Para realizar el análisis de identificación de restos humanos a partir del perfil genético, es necesario contar con muestras de referencia para efectuar la comparación o cotejo y encontrar coincidencias. Las muestras de referencia más comunes son las que se toman a uno o varios familiares o, en algunos casos se pueden recuperar objetos que pertenecían a la persona y que contienen material biológico, como por ejemplo un cepillo de dientes o un peine con cabellos.

Los familiares biológicos comparten una parte de su ADN; el grado de parentesco determina cuanto material genético tienen en común dos individuos. Padres e hijos comparten la mitad de su ADN; un individuo comparte también en promedio, un cuarto de su ADN con sus abuelos y nietos. A menos que se utilice el análisis de ADN mitocondrial o el análisis del cromosoma Y, las comparaciones más fiables de ADN se realizan con muestras de los padres e hijos de las personas desaparecidas, puesto que comparten la mitad del ADN de la persona desaparecida (Comité Internacional de la Cruz Roja, 2009).

Figura 9. Protocolo de identificación a partir de restos humanos.



Fuente: Tomado de (Comité Internacional de la Cruz Roja, 2009)

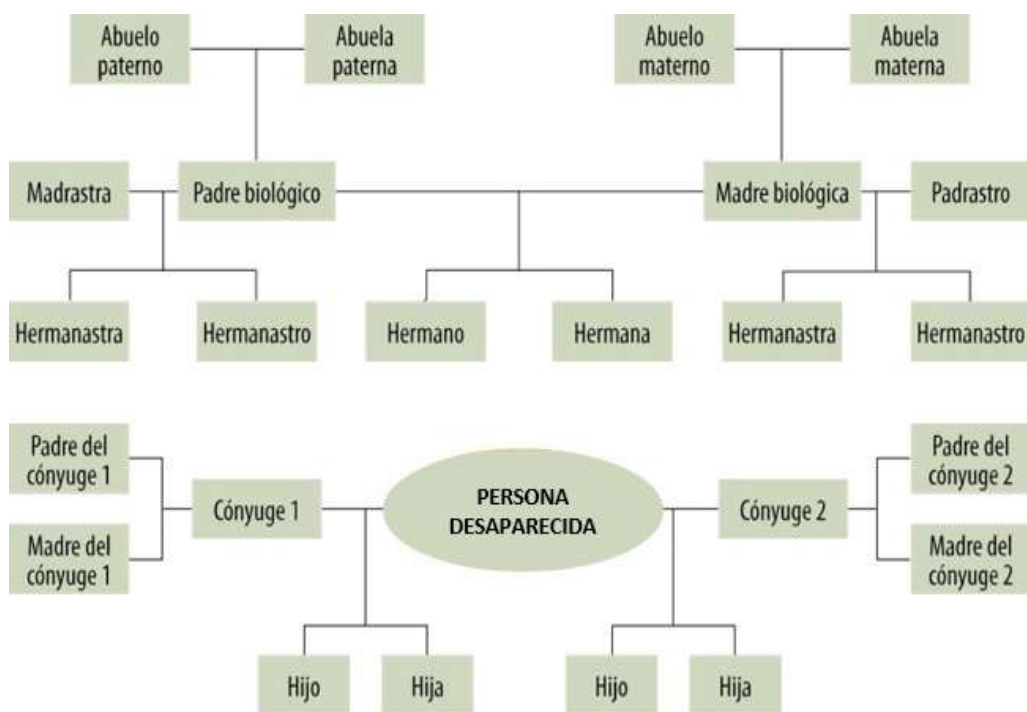
La utilidad de las distintas combinaciones de familiares se ilustra en la tabla que sigue. Cuanto más elevado sea el valor porcentual, tanto más útil será la muestra de los familiares para obtener una identificación.

Tabla 16. Promedio de la probabilidad de identidad según los familiares utilizados para comparar las coincidencias. (*Con una probabilidad previa de identidad del 10%). Los resultados se alcanzaron analizando 15 loci STR indicados en el Identifiler PCR Amplification Kit (Applied Biosystems, Foster City, California, EE.UU.).

Referencia familiar	Probabilidad de la identidad
Un hermano (o hermana)	92,1%
Hermano y tía (o tío)	94,4%
Hermano y dos tías o tíos de la misma rama de la familia	97,8%
Hermano y una tía y un tío de diferentes ramas de la familia	99,8%
Hermano y hermanastro	98%
Hermano y dos hermanastros (de la misma madre pero de diferentes padres)	99,4%
Dos hermanos	99,91%
Uno de los padres/un hijo	99,9%
Hermano y uno de los padres	99,996%
Padre y un hermanastro por parte de madre	99,95%
Padre y dos hermanastros por parte de madre	99,996%
Padre y tía por parte de madre	99,993%
Tres abuelos	96,7%

Con el fin de reducir los posibles errores en la descripción del parentesco de los familiares respecto a la persona desaparecida, se recomienda a los donantes de las muestras de referencia, marcar su lugar en el árbol genealógico (Comité Internacional de la Cruz Roja, 2009).

Figura 10. Modelo de árbol genealógico para las fichas de recolección de material biológico de familiares de personas desaparecidas.



Tomado de (Comité Internacional de la Cruz Roja, 2009)

Para finalizar este trabajo, se aplicó el ensayo 38 indel-plex (Peireira et al., 2009) en muestras de restos óseos humanos que previamente fueron analizados con marcadores STRs, y en los cuales se había observado mala calidad en el perfil genético con claras señales de presentar un ADN degradado.

Se presentan dos casos en los que se realiza el procedimiento de identificación con muestras de referencia de familiares.

Caso número 1:

Se realizó exhumación del cuerpo un individuo, inhumado como NN hace 16 años, en cementerio cuyas fosas son en tierra.

Para determinar la identificación se cuenta con las muestras de un hijo y su respectiva madre, cónyuge del NN.

En la siguiente tabla se describen los métodos realizados a cada muestra para su análisis.

Tabla 17. Procedimientos técnicos realizados a todas las muestras del caso número 1.

	Toma de muestras	Extracción de ADN	Cuantificación de ADN	Amplificación de ADN	Electroforesis capilar
NN	Fragmento de fémur	Fenol – Cloroformo	Fluorometría Qubit fluorometrer (Invitrogen)	- Kit Identifiler (Applied Biosystems) - Kit de marcadores genéticos indel: 38 indel-plex*	Analizador Genético ABI 3130 (Applied Biosystem)
Madre	Manchas de sangre en tarjetas FTA	Chelex 100 al 20%	N/A	- Kit Identifiler (Applied Biosystems)	
Hijo	Whatman TM FTA TM Gene Cards (GE Healthcare Life Sciences)			- Kit de marcadores genéticos indel: 38 indel-plex*	

* Se realizaron 3 réplicas de PCR con los marcadores Indel como control de calidad y para determinar consenso en la tipificación de los alelos para cada marcador.

Todos los métodos utilizados están validados y acreditados en el Laboratorio de Identificación Genética - IdentiGEN de la Universidad de Antioquia. El método de PCR para Indels, se utilizó según lo descrito en el numeral 3.5 del presente trabajo.

A continuación, se relacionan los electroferogramas obtenidos de las tipificaciones con los marcadores genéticos STRs e Indels.

Figura 11. Electroferograma amplificado con el Kit de STRs Identifier (Applied Biosystems), a partir de restos óseos, utilizando 0,78 ng de ADN.

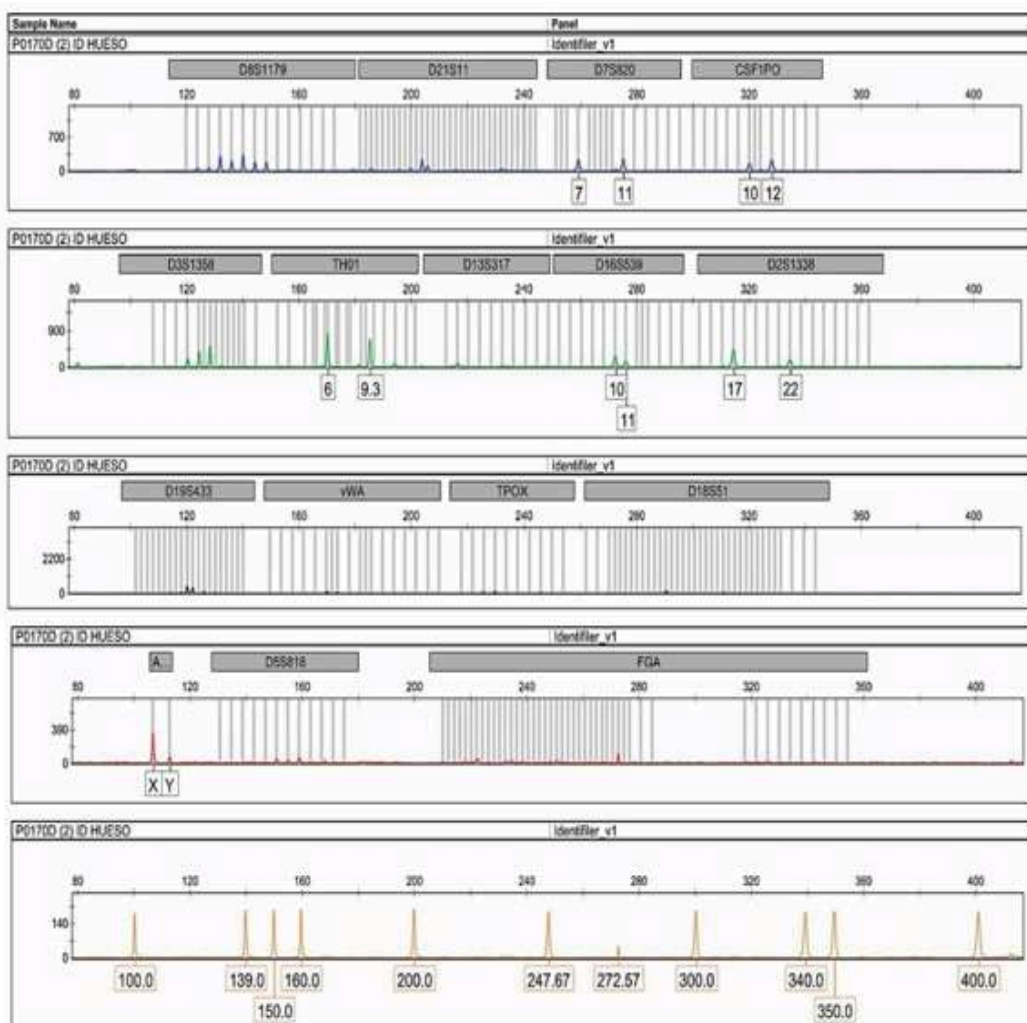
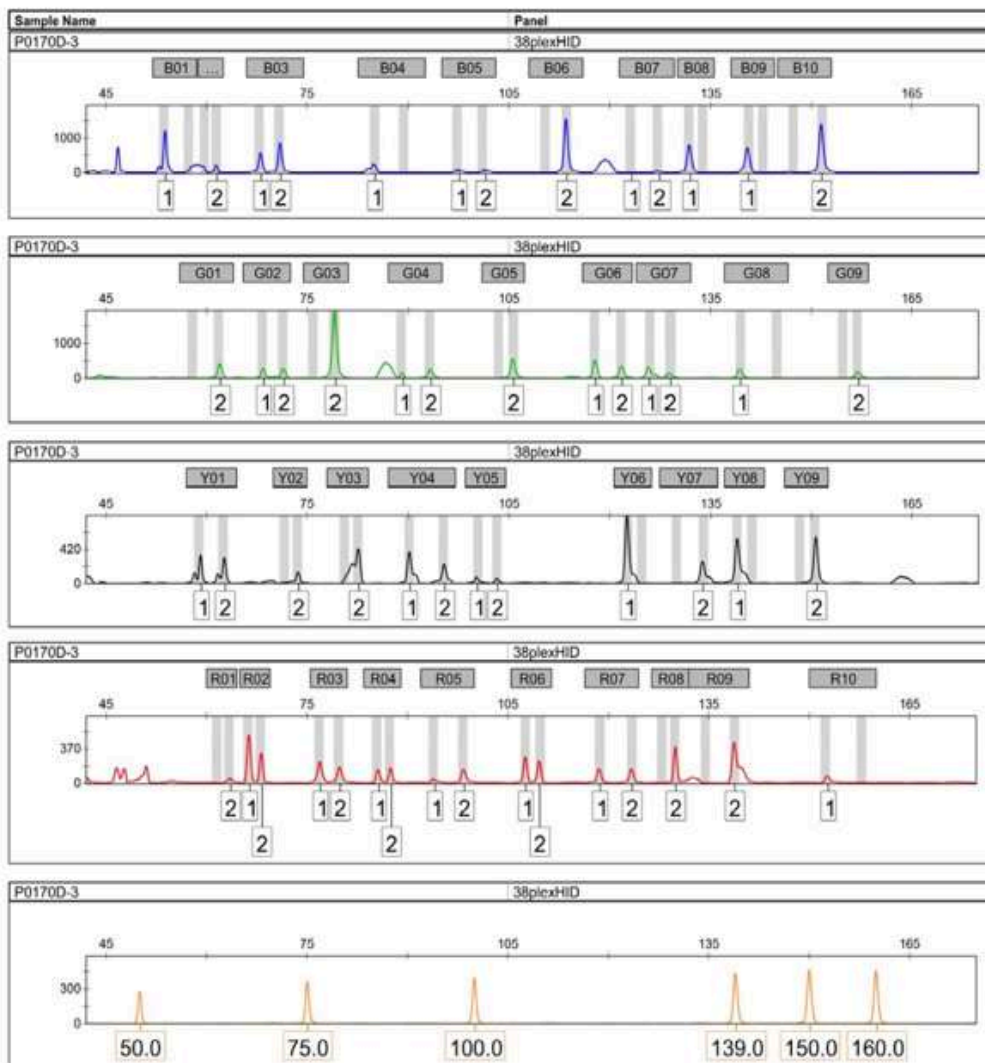


Figura 12. Electroferograma amplificado con 38 Indel-plex a partir de restos óseos. utilizando 0.93 ng de ADN.



Como resultado del análisis con STRs, se observa la amplificación de 5 marcadores genéticos, con los cuales se obtuvo un LR (Likelihood ratio) de parentesco padre/hijo de 862,2011.

Para los marcadores Indel se observa amplificación en los 38 marcadores, con un LR de parentesco padre/hijo de 553481,7012; este valor significa que es 553481,7012 veces más probable que los restos óseos pertenezcan al individuo (NN) padre biológico del hijo analizado a que la hipótesis alternativa de que no le pertenezcan.

Los STRs amplificaron sólo el 33% de los marcadores genéticos analizados en el kit multiplex; mientras que para los Indel se observa amplificación del 100% de los marcadores analizados en el kit multiplex.

En este caso resulta evidente que los Indels presentan una eficiencia de amplificación superior a los STRs en este tipo de muestras, y también que se logra alcanzar un mayor grado de probabilidad en favor de la hipótesis de identificación. Es importante resaltar que el estudio de indels no pretende sustituir otras técnicas que normalmente se usan en estos casos, sino una herramienta más que pueda potencialmente, aportar información para complementar para que, de forma independiente o en su conjunto lleve a la resolución exitosa del caso. Efectivamente, es posible combinar la información genética obtenida por las dos metodologías, siempre que previamente se haga una evaluación del estado de desequilibrio de ligamiento (DL) entre todos los marcadores utilizados, para efectuar la valoración estadística adecuada de los resultados. Si por ejemplo, se observa una independencia entre los loci en estudio, sería posible combinar fácilmente esos parámetros aplicando igualmente la regla del producto, lo que en este caso llevaría a un LR global de 477212531,6045113 apoyando fuertemente la hipótesis inicial que el individuo NN fuera el padre del hijo en cuestión.

Caso número 2:

Se realizó exhumación del cuerpo un individuo hace 13 años, en cementerio cuyas fosas son en bóveda. Se solicita confirmar identidad de los restos óseos sepultados.

Para determinar la identificación se cuenta con las muestras de un hijo y su respectiva madre. En la siguiente tabla se describen los métodos realizados a cada muestra para su análisis.

Tabla 18. Procedimientos técnicos realizados a todas las muestras del caso número 2.

	Toma de muestras	Extracción de ADN	Cuantificación de ADN	Amplificación de ADN	Electroforesis capilar
NN	Fragmento de fémur	Fenol – Cloroformo	Fluorometría Qubit fluorometer (Invitrogen)	- Kit PowerPlex16 HS (Promega) - Kit de marcadores MiniFiler (Applied Biosystems) - Kit de marcadores genéticos indel: 38 indel-plex*	Analizador Genético ABI 3130 (Applied Biosystems).
Madre	Manchas de sangre en tarjetas FTA	Chelex 100 al 20%	N/A	- Kit PowerPlex 16 (Promega) - Kit de marcadores Identifiler (Applied Biosystems) - Kit de marcadores genéticos indel: 38 indel-plex*	
Hijo	Whatman TM FTA TM Gene Cards (GE Healthcare Life Sciences)				

* Se realizaron 3 réplicas de PCR con los marcadores Indel como control de calidad y para

De igual forma todos los métodos utilizados están validados y acreditados en el Laboratorio de Identificación Genética - IdentiGEN de la Universidad de Antioquia y el método de PCR para Indels, se utilizó según lo descrito en el numeral 3.5 del presente trabajo.

A continuación, se relacionan los electroferogramas obtenidos de las tipificaciones con los marcadores genéticos STRs e Indels.

Figura 13. Electroferograma amplificado con el Kit de STRs PowerPlex16 HS (Promega), a partir de restos óseos, utilizando 3.12 ng de ADN.

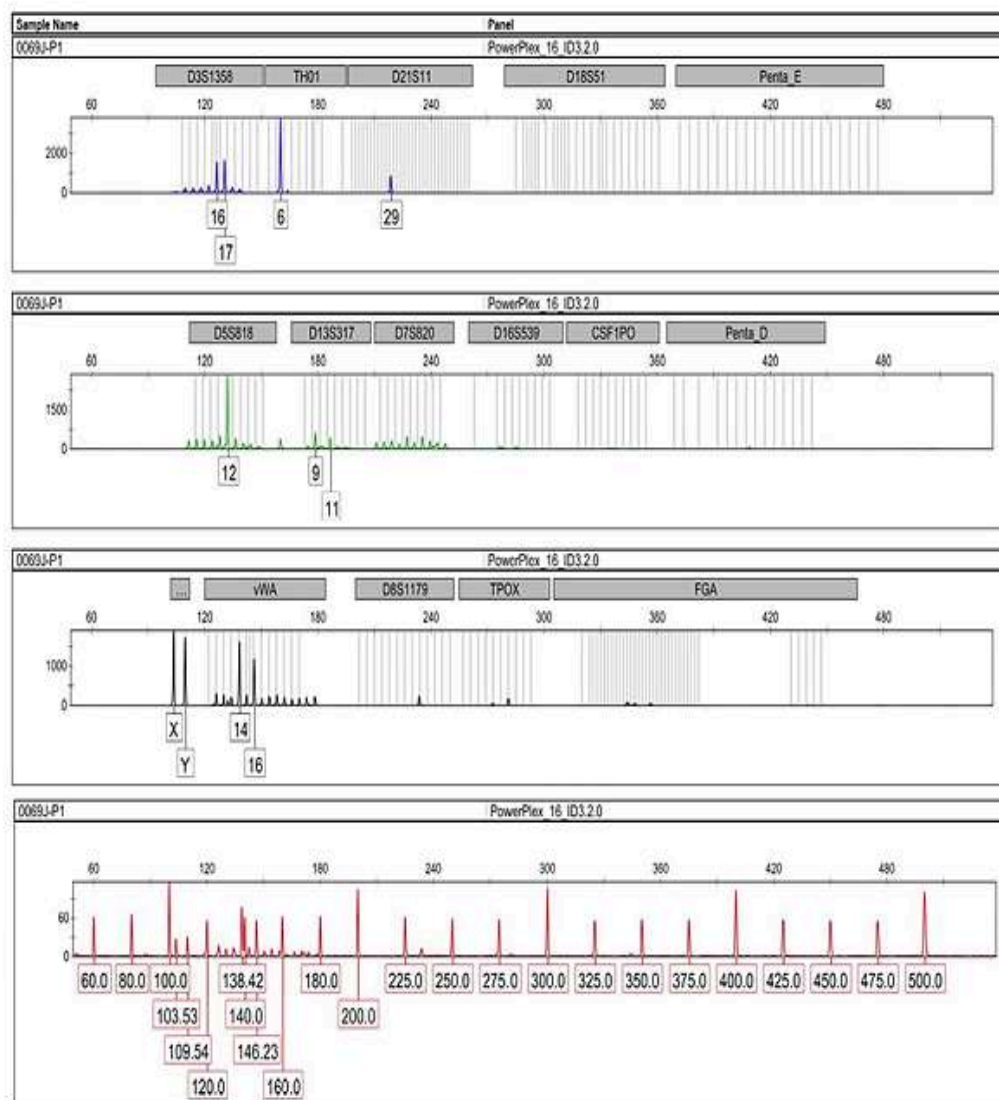


Figura 14. Electroferograma amplificado con el Kit de Mini STRs Minifiler (Applied Biosystems) a partir de restos óseos, utilizando 3,12 ng de ADN.

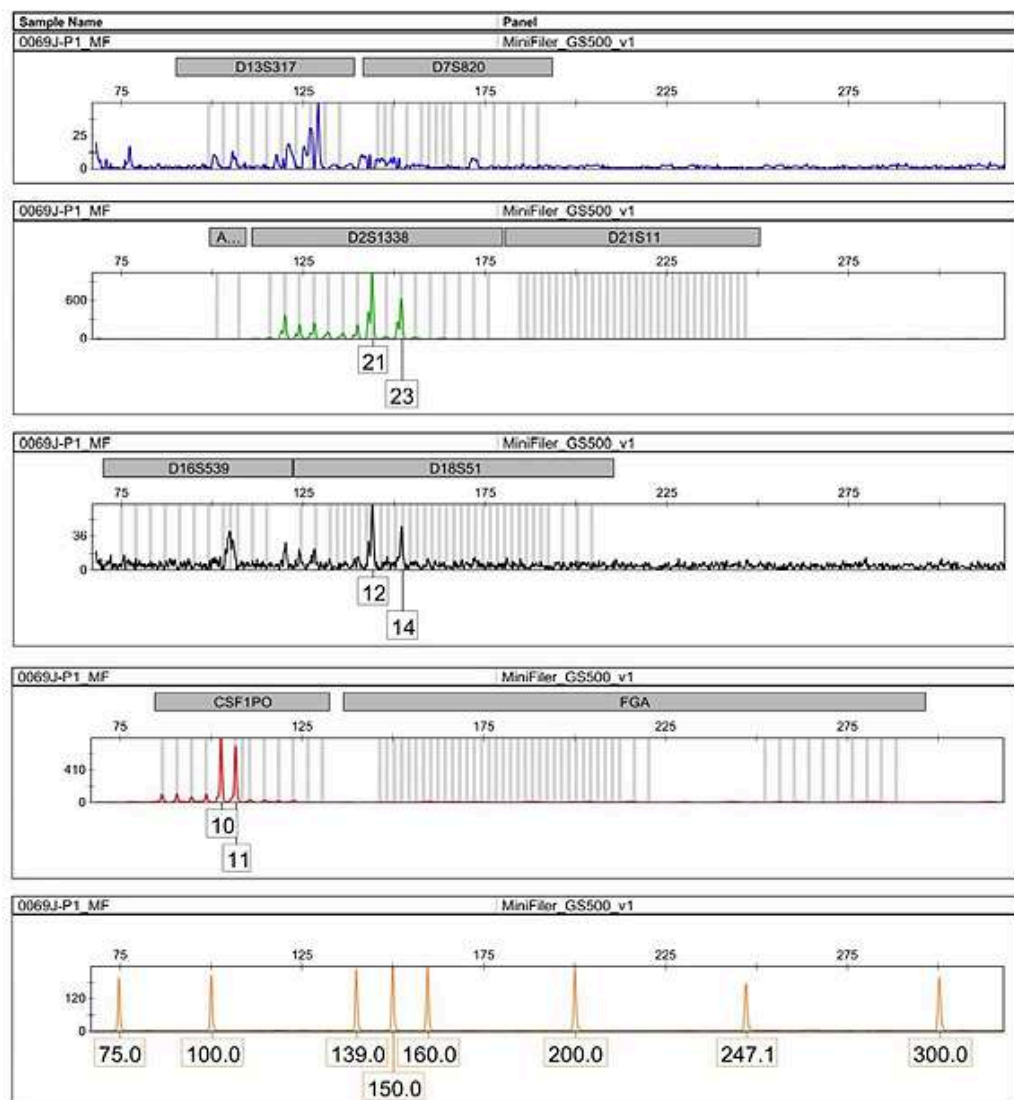
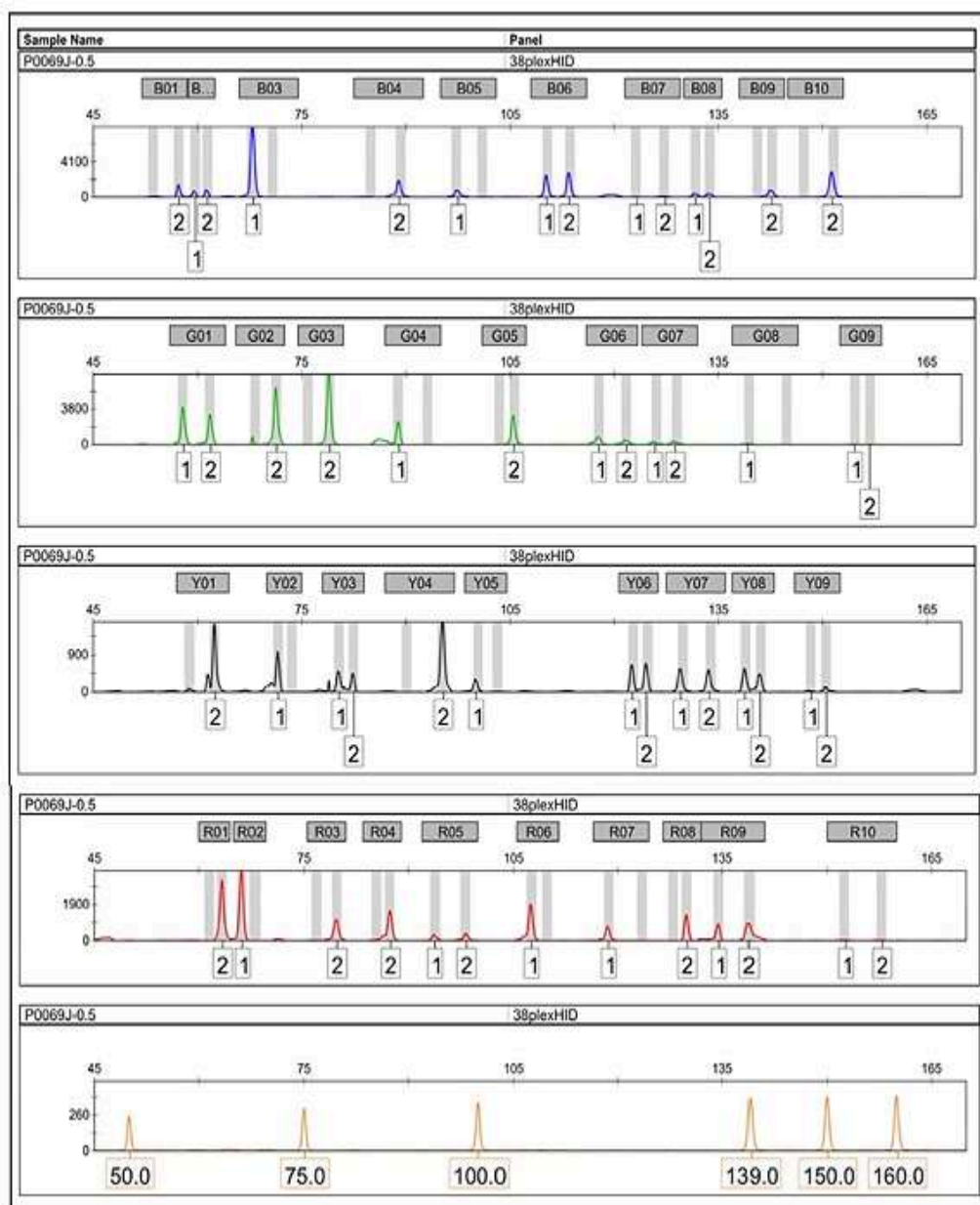


Figura 15. Electroferograma amplificado con 38 Indel-plex a partir de restos óseos, utilizando 3,12 ng de ADN.



Como resultado del análisis con STRs, se observa la amplificación de 9 marcadores genéticos, con los cuales se obtuvo un LR de parentesco de padre/hijo 25892588,1793.

Para los marcadores Indel se observa amplificación completa de los 38 marcadores, con un LR de parentesco padre/hijo de 13058346201,2313; este valor significa que es 13058346201,2313 veces más probable que los restos óseos pertenezcan al Individuo NN, padre biológico del hijo analizado, a que la hipótesis alternativa de que no le pertenezcan.

Se observa que para los STRs amplificó sólo un 40% y un 37,5% de los marcadores genéticos analizados en los kits multiplex de PowerPlex 16 HS (Promega) y MiniFiler, respectivamente; mientras que para los Indel se observa amplificación del 100% de los marcadores analizados en el kit multiplex.

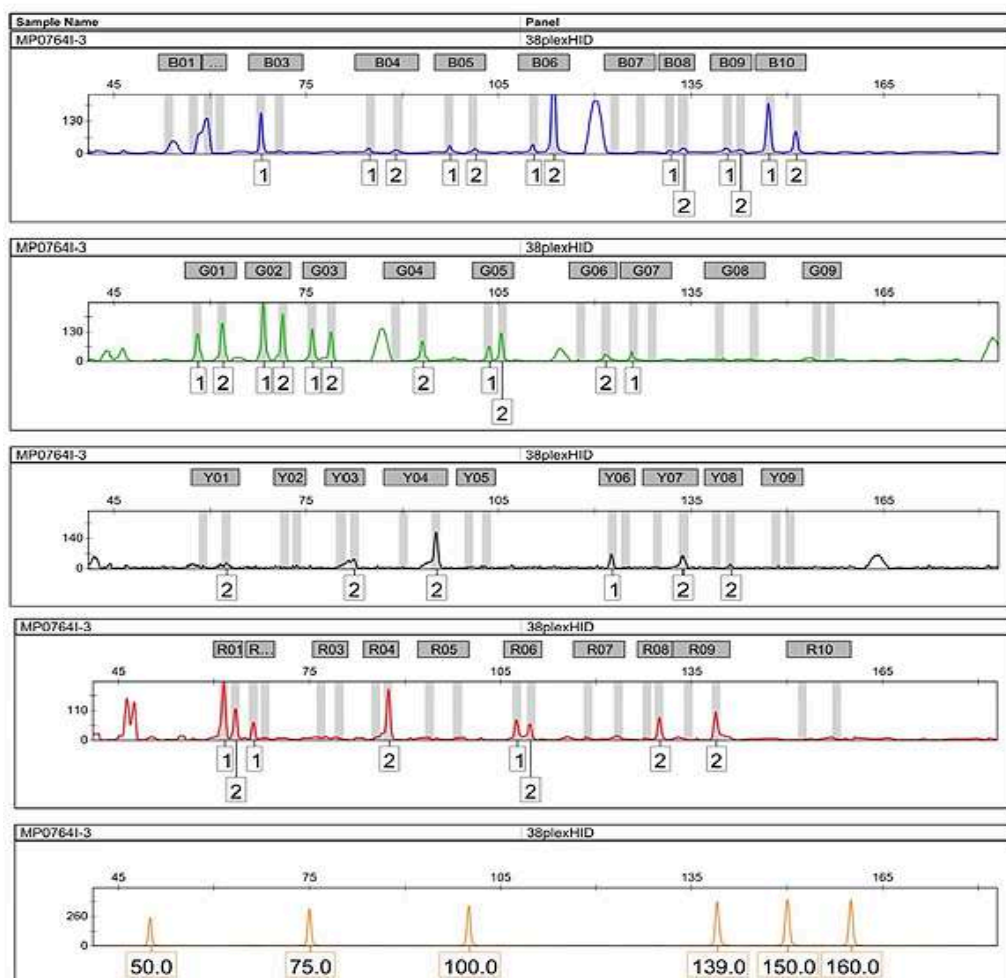
Tal como en el caso anterior, los indels comprueban un eficiente funcionamiento en vestigios biológicos con varios años de inhumación y permiten obtener información complementaria a los STRs aplicados de rutina en el laboratorio de genética forense.

Caso número 3:

Para este caso sólo se hace referencia a la capacidad de los marcadores Indels de amplificar muestras de restos óseos con más de 50 años post- mortem. Técnicamente se realizaron los mismos procedimientos descritos en los casos 1 y 2.

Con los marcadores genéticos STRs no se obtuvo resultados (Datos no mostrados) y con los marcadores del 38 Indel-plex, se obtuvo amplificación en 25 marcadores (Ver figura 16).

Figura 16. Electroferograma amplificado con 38 Indel-plex a partir de restos óseos de 50 años “post-mortem”, utilizando 1 ng de ADN.



Esto demuestra la capacidad de los indels para obtener una mejor amplificación a partir de muestras que tienen ADN altamente degradado. En este caso, al no ser posible analizar con éxito los otros tipos de marcadores (STRs y MiniSTRs), su aplicación fue fundamental para lograr obtener alguna información genética del vestigio biológico. Aunque presentando un perfil incompleto y tratándose de información limitada, puede muchas veces hacer la diferencia entre no tener nada y en caso de coincidencia, el valor probabilístico aportado por 25 marcadores bialélicos altamente polimórficos puede ser suficientemente importante para direccionar una investigación y permitir la resolución de un caso.

Por otro lado, los marcadores disponibles pueden permitir llegar a la exclusión de la hipótesis inicial, dando herramientas fehacientes para esclarecer el caso.

CONCLUSIONES

Con este trabajo se han creado bases de datos de referencia de diferentes regiones del país para un panel de 38 marcadores Indels de fácil caracterización mediante una técnica sencilla y de fácil implementación en todos los laboratorios forenses existentes. Esto aporta un avance científico significativo y lanza una base sólida para una efectiva y eficiente aplicación de esta nueva herramienta al servicio del sistema judicial en Colombia, sea en identificación de individuos NN, en el análisis de evidencias forenses en investigación criminal o en investigaciones de filiación y parentesco.

Los Indels proporcionan una herramienta eficaz en la identificación fehaciente de individuos NN, por medio de la obtención de perfiles genéticos a partir de muestras que presentan ADN degradado, como suele ocurrir con el análisis de los restos óseos; ya que evidentemente presentan una eficiencia de amplificación superior a los STRs en este tipo de muestras.

Es importante resaltar que el estudio de Indels no pretende sustituir otras técnicas que normalmente se usan en estos casos, como los STRs, sino una herramienta más que pueda potencialmente, aportar información para complementar para que, de forma independiente o en su conjunto lleve a la resolución exitosa de un determinado caso.

GLOSARIO

ADN: Es el ácido desoxirribonucleico responsable de contener toda la información genética de un individuo o ser vivo, información que es única e irreplicable en cada ser ya que la combinación de elementos se construye de manera única. Este ácido contiene, además, los datos genéticos que serán hereditarios de generación en generación, por lo cual su análisis y comprensión es de gran importancia para realizar cualquier tipo de investigación científica que verse sobre la identidad o sobre las

características de un individuo («Definición ABC», s. f.). En los seres humanos, todo el ADN está empaquetado en 46 moléculas separadas llamadas cromosomas (23 pares) («Glosario de términos médicos», s. f.).

ALELO: Una de dos o más formas alternativas de un gen, cada uno con una secuencia de nucleótidos única. (Ayala & Kiger, 1984)

CROMOSOMA: Estructura filiforme, hallada en el núcleo de las células, que contiene los genes en una secuencia lineal (Ayala & Kiger, 1984). Hay en el núcleo de cada célula 46 Cromosomas (22 pares más 2 cromosomas sexuales), los cuales llevan instrucciones que capacitan a la célula para funcionar y sobrevivir. La Información Genética es heredada de padres a hijos («Glosario de términos médicos», s. f.).

GEN: En el genoma de un organismo, una secuencia de nucleótidos a lo que se le puede asignar una función específica (Ayala & Kiger, 1984).

GENOMA: Contenido genético de una célula, algunas veces se refiere solamente a una dotación cromosómica completa (Ayala & Kiger, 1984).

GENOTIPO: Suma total de la información genética contenida en un organismo; la constitución genética de un organismo con respecto a un locus o algunos loci génicos en consideración (Ayala & Kiger, 1984).

INDEL: Acrónimo formado a partir de insertion-deletion (inserción-delección). Una de las secuencias puede contener una interrupción o indel, como resultado de una inserción o una delección. (Saladrigas, Claros, & Halphen, 2006)

LOCUS: Posición que un gen ocupa en el cromosoma o en la molécula de ácido nucleico que funciona como material hereditario. Segmento de ADN o ARN que coincide con un gen determinado, sin tomar en

consideración su secuencia de bases. El plural es loci. (Saladrigas et al., 2006)

MARCADOR GENÉTICO: Un marcador genético, locus o marcador molecular es un segmento de ADN con una ubicación física identificable en un cromosoma y cuya herencia se puede rastrear. Un marcador puede ser un gen, o puede ser alguna sección del ADN sin función conocida. («Diccionario médico», s. f.)

PCR (Polymerase Chain Reaction) o Amplificación de ADN: Método para sintetizar grandes cantidades de un segmento específico de ADN a partir cantidades inferiores a 1 µg del ADN de muestra (y en teoría a partir de una sola molécula de ADN). La PCR multiplica (amplifica) exponencialmente una secuencia específica de ADN bicatenario. Kary Mullis dio a conocer la PCR en una reunión científica en 1984, y en 1993 recibió el Premio Nobel de Química por este descubrimiento. (Saladrigas et al., 2006)

POLIMORFISMO: Presencia de varias formas (de un rasgo o un gen) en una población; la proporción de loci génicos polimórficos en una población (Ayala & Kiger, 1984).

SNP: Los polimorfismos de nucleótido único (“Single Nucleotide Polymorphisms”). Es una variación de un sólo nucleótido entre genomas de individuos de la misma especie. La secuencia de nucleótidos del genoma humano es muy parecida entre diferentes individuos, pero hay posiciones en las que un nucleótido difiere de un individuo a otro. SNPs son esos polimorfismos de nucleótido en posiciones aisladas del genoma. («Medicina molecular - Glosario», s. f.)

STR: Los Short Tandem Repeats o repeticiones cortas en tándem son los marcadores genéticos más clásicos y comúnmente utilizados. Son secuencias de nucleótidos de dos a cinco pares de bases de longitud y de función desconocida, dispuestas en tándem, generalmente presentes en regiones no codificantes del genoma. Reciben asimismo el nombre de microsatélites. (Saladrigas et al., 2006)

BIBLIOGRAFÍA

Albarellos, L. (2011). Identificación humana, prueba genética Y. SIDE-GEB - Sociedad Internacional de Derecho Genómico y Bioética. Recuperado 2 de julio de 2013, a partir de <http://derechogenomicoybioetica.blogspot.es/1303448280/>

Amigo, J., Phillips, C., Lareu, M., & Carracedo, Á. (2008). The SNPforID browser: an online tool for query and display of frequency data from the SNPforID project. *International Journal of Legal Medicine*, 122(5), 435- 440. doi:10.1007/s00414-008-0233-7

Amorim, A., & Pereira, L. (2005). Pros and cons in the use of SNPs in forensic kinship investigation: a comparative analysis with STRs. *Forensic science international*, 150(1), 17-21. doi: 10.1016/j.forsci-int.2004.06.018

Ayala, F. J., & Kiger, J. A. (1984). Glosario. En *Genética Moderna* (pp. 797- 813). Fondo Educativo Interamericano.

Ball, E.V., Stenson, P. D., Abeyasinghe, S. S., Krawczak, M., Cooper, D. N., & Chuzhanova, N. A. (2005). Microdeletions and microinsertions causing human genetic disease: common mechanisms of mutagenesis and the role of local DNA sequence complexity. *Human Mutation*, 26(3), 205- 213. doi:10.1002/humu.20212

Bastos-Rodrigues, L., Pimenta, J. R., & Pena, S. D. J. (2006). The Genetic Structure of Human Populations Studied Through Short Insertion-Deletion Polymorphisms. *Annals of Human Genetics*, 70(5), 658-665. doi:10.1111/j.1469-1809.2006. 00287.x

Børsting, C., Rockenbauer, E., & Morling, N. (2009). Validation of a single nucleotide polymorphism (SNP) typing assay with 49 SNPs for forensic genetic testing in a laboratory accredited according to the ISO 17025 standard. *Forensic science international. Genetics*, 4(1), 34-42. doi: 10.1016/j.fsigen.2009.04.004

Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M., & Davis, R.W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics*, 32(3), 314.

Bowler, P. (2004). La contribución de Mendel. En *Filosofía e historia de la Biología* (p. 399). UNAM. Recuperado a partir de http://books.google.es/books?id=vnzgLosEWwsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q=Mendel&f

Boyd, W. C. (1954). Tables and nomogram for calculating chances of excluding paternity. *American Journal of Human Genetics*, 6(4), 426.

Budowle, B., & Van Daal, A. (2008). Forensically relevant SNP classes.

BioTechniques, 44 Supplement (4), 603-610. doi:10.2144/000112806.

Burgos, G. (2012). Evaluación del mini STRs D10S1248, D14S1434 y D22S1045 en una muestra de la región andina colombiana y su aplicación en el campo forense (Tesis Maestría). Universidad de Antioquia, Medellín. Butler, J M. (2005). *Forensic DNATyping: Biology, Technology, and Genetics of Str Markers*. Academic Press.

Butler, John M, Shen, Y., & McCord, B. R. (2003). The development of reduced size STR amplicons as tools for analysis of degraded DNA.

Journal of forensic sciences, 48(5), 1054-1064.

Butler, John M. (2005). *Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers*. Academic Press.

Carracedo, A., & Sánchez-Diz, P. (2005). Forensic DNA-Typing Technologies. En A. Carracedo (Ed.), *Forensic DNA Typing Protocols* (pp. 1-11). Humana Press. Recuperado a partir de <http://link.springer.com/protocol/10.1385/1-59259-867-6%3A001>

Cavalli-Sforza, L. L., & Bodmer, W. F. (1981). *Genética de las poblaciones humanas*. Omega.

Coble, M. D., & Butler, J. M. (2005). Characterization of new miniSTR loci to aid analysis of degraded DNA. *Journal of forensic sciences*, 50(1), 43- 53.

Código de Procedimiento Penal.Ley 906/2004 - Parte 9.(s.f.).Recuperado 9 de enero de 2013, a partir de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/ basedoc/ley/2004/ley_090_6_2004_pr008.html#CAPITULO%20IV-1

Comité Internacional de la Cruz Roja. (2009). *Personas desaparecidas, análisis forense de ADN e identificación de restos humanos*.

Corporación Jurídica Libertad. (2010). GÉNESIS DE LA DESAPARICIÓN FORZADA EN COLOMBIA. Recuperado 29 de junio de 2013, a partir de http://www.cjlibertad.org/index.php?option=com_content&view=article& id=365:movice&catid=50:hazlojusto&Itemid=90

Da Costa Francez, P. A., Rodríguez, E. M. R., De Velasco, A. M., & Dos Santos, S. E. B. (2012). Insertion-deletion polymorphisms--utilization on forensic analysis. *International journal of legal medicine*, 126(4), 491-496. doi:10.1007/s00414-011-0588-z

Dausset, J. (2002). El sello de la individualidad: el descubrimiento del grupo tisular HLA. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/ libro?codigo=165143>

Gatti, G. (2011). *The Detained-Disappeared: Civilizational Catastrophe, the Collapse of Identity and Language*. (S. Caldwell, Trad.) RCCS Annual

Dawson, E., Chen,Y., Hunt, S., Smink, L. J., Hunt,A., Rice, K., ... Dunham, I. (2001). A SNP Resource for Human Chromosome 22: Extracting Dense Clusters of SNPs From the Genomic Sequence. *Genome Research*, 11(1), 170-178. doi:10.1101/gr.156901

Definición ABC. (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2013, a partir de <http:// www.definicionabc.com/>

Diccionario médico. (s. f.). Recuperado 30 de septiembre de 2013, a partir de http://www.esacademic.com/contents.nsf/es_mediclopedia/

En Colombia hay más de 60.000 casos de desaparecidos | ELESPECTADOR. COM. (2011). Recuperado 20 de abril de 2014, a partir de <http://www.elespectador.com/noticias/judicial/articulo-295547-colombia-hay-mas-de-60000-casos-de-desaparecidos>

Essen-Möller. (1938). Die Beweiskraft der Ähnlichkeit im Vaterschaftsnachweis: theoretische Grundlagen. Mitt Anthropol Ges Wien, 68.

Excoffier, L., & H.E. L. Lischer. (2010). Arlequin suite ver 3.5. Recuperado a partir de <http://cmpg.unibe.ch/software/arlequin35/>

Fiscalía General de la Nación de Colombia. (2014). Unidad Nacional de Fiscalías para la Justicia y la Paz. Recuperado 31 de agosto de 2012, a partir de <http://www.fiscalia.gov.co:8080/justiciapaz/Index.htm>

Fondevila, M., Phillips, C., Naveran, N., Fernandez, L., Cerezo, M., Salas, A., Lareu, M. V. (2008). Case report: Identification of skeletal remains using short-amplicon marker analysis of severely degraded DNA extracted from a decomposed and charred femur. Forensic Science International: Genetics, 2(3), 212-218. doi: 10.1016/j.fsigen.2008.02.005

Fondevila, M., Phillips, C., Santos, C., Pereira, R., Gusmão, L., Carracedo, A., ... Vallone, P. M. (2012). Forensic performance of two insertion-deletion marker assays. International Journal of Legal Medicine, 126(5), 725-37. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00414-012-0721-7>

Freire-Aradas, A., Fondevila, M., Kriegel, A.-K., Phillips, C., Gill, P., Prieto, L., ... Lareu, M. V. (2012). A new SNP assay for identification of highly degraded human DNA. Forensic science international. Genetics, 6(3), 341-349. doi: 10.1016/j.fsigen.2011.07.010

Freitas, N. S., C, Resque, R. L., Ribeiro-rodrigues, E. M., Guerreiro, J. F., Santos, N. P., ... Santos, S. (2010). X-linked insertion/deletion polymorphisms: forensic applications of a 33-markers panel. Interna-

tional Journal of Legal Medicine, 124(6), 589-93. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s00414-010-0441-9>

Review. A selection from the Portuguese journal *Revista Crítica de Ciências Sociais*, (3). Recuperado a partir de <http://rccsar.revues.org/270#bodyftn11>

Geografía colombiana. (s. f.). Colombia Travel. Recuperado 11 de junio de 2014, a partir de <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/Colombia/geografia>

Glosario de términos médicos. (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2013, a partir de <http://elsalvador.medicosdoctores.com/diccionario-medico/>

González Andrade. (2006). Análisis molecular de variación de polimorfismos STR autosómicos y del cromosoma Y en grupos étnicos de Ecuador con aplicación médico forense. (Tesis Doctoral). Universidad de Zaragoza, España.

HapMap Homepage. (s. f.). Recuperado 2 de febrero de 2014, a partir de <http://hapmap.ncbi.nlm.nih.gov/>

Haugaard, L., & Nicholls, K. (2010). Rompiendo el silencio: en la búsqueda de los desaparecidos en Colombia. Recuperado 30 de agosto de 2012, a partir de <http://idpc.net/es/publications/2010/12/rompiendo-el-silencio> Holm, S. (1979). A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65-70.

Holsinger, K. E., & Weir, B. S. (2009). Genetics in geographically structured populations: defining, estimating and interpreting FST. *Nature Reviews Genetics*, 10(9), 639-650. doi:10.1038/nrg2611

Hosoi, E. (2008). Biological and clinical aspects of ABO blood group system (Review). *The Journal of Medical Investigation*, 55, 174-182.

Ibarra, A., Freire-Aradas, A., Martínez, M., Fondevila, M., Burgos, G., Camacho, M., ... Gusmão, L. (2014). Comparison of the genetic background of different Colombian populations using the SNPforIDb 52plex

identification panel. *International journal of legal medicine*, 128(1), 19-25. doi:10.1007/s00414-013-0858-z

Ibarra, A., Restrepo, T., Rojas, W., Castillo, A., Amorim, A., Martínez, B.,...

Gusmão, L. (2014). Evaluating the X chromosome-specific diversity of Colombian populations using insertion/deletion polymorphisms. *PLoS one*, 9(1), e87202. doi: 10.1371/journal.pone.0087202

Investigator DIPplex Kit. (s. f.). Recuperado 21 de abril de 2014, a partir de <http://www.qiagen.com/products/catalog/assay-technologies/investigator-dipplex-kit#productdetails>

Jones, D. A. (1972). Blood Samples: Probability of Discrimination. *Journal of the Forensic Science Society*, 12(2), 355-359. doi:10.1016/S0015-7368(72)70695-7

Kidd, K. K., Kidd, J. R., Speed, W. C., Fang, R., Furtado, M. R., Hyland, F. C. L., & Pakstis, A. J. (2012). Expanding data and resources for forensic use of SNPs in individual identification. *Forensic science international. Genetics*, 6(5), 646-652. doi: 10.1016/j.fsigen.2012.02.012

Kidd, K. K., Pakstis, A. J., Speed, W. C., Grigorenko, E. L., Kajuna, S. L. B., Karoma, N. J., ... Kidd, J. R. (2006). Developing a SNP panel for forensic identification of individuals. *Forensic science international*, 164(1), 20-32. doi: 10.1016/j.forsciint.2005.11.017

Kitts, A., Phan, L., Ward, M., & Holmes, J. B. (2014). The NCBI Handbook. The Database of Short Genetic Variation (dbSNP) (2.a ed.). The National Center for Biotechnology Information (NCBI).

Kvikstad, E. M., Chiaromonte, F., & Makova, K. D. (2009). Ride the wavelet: A multiscale analysis of genomic contexts flanking small insertions and deletions. *Genome Research*, 19(7), 1153-1164. doi:10.1101/gr.088922.108

LaRue, B. L., Ge, J., King, J. L., & Budowle, B. (2012). A validation study of the Qiagen Investigator DIPplex® kit; an INDEL-based assay for

human identification. International journal of legal medicine, 126(4), 533-540. doi:10.1007/s00414-012-0667-9

Lee, L., Wang, L., Feng, Q., Zhu, Y., Cheng, X., Kong, X., ... Zeng, Z. (2012). [A study on paternity testing with 96 autosomal SNPs]. Zhonghua yi xue yi chuan xue za zhi = Zhonghua yixue yichuanxue zazhi = Chinese journal of medical genetics, 29(1), 28-33. doi: 10.3760/cma.j.issn.1003- 9406.2012.01.008

Lindholm, E., Hodge, S. E., & Greenberg, D. A. (2004). Comparative informativeness for linkage of multiple SNPs and single microsatellites. Human heredity, 58(3-4), 164-170. doi:10.1159/000083543

Lorente, J.A. (2004). Un Detective Llamado ADN. Temas de Hoy.

Los diccionarios y las enciclopedias sobre el Académico. (2012). Los diccionarios y las enciclopedias sobre el Académico. Recuperado 9 de junio de 2014, a partir de http://enciclopedia_universal.esacademic.com/35596/Acervo_gen%C3%A9tico

Manta, F., Caiafa, A., Pereira, R., Silva, D., Amorim, A., Carvalho, E. F., & Gusmão, L. (2012). Indel markers: genetic diversity of 38 polymorphisms in Brazilian populations and application in a paternity investigation with post mortem material. Forensic science international. Genetics, 6(5), 658- 661. doi: 10.1016/j.fsigen.2011.12.008

Manta, F. S. N., Pereira, R., Caiafa, A., Silva, D.A., Gusmão, L., & Carvalho, E. F. (2013). Analysis of genetic ancestry in the admixed Brazilian population from Rio de Janeiro using 46 autosomal ancestry-informative indel markers. Annals of human biology, 40(1), 94-98. doi:10.3109/03014460.2012.742138

Martínez Camblor, P. (2012). Ajuste del valor-p por contrastes múltiples. Revista Chilena de Salud Pública, 16(3). doi:10.5354/0717-3652.2012.23127

Martínez Jarreta, B. (1999). La prueba del ADN en medicina forense: la

genética al servicio de la ley en el análisis de indicios criminales y en la investigación biológica de la paternidad. Masson. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=71666>

Martínez, L., Cavagnaro, P., & Masuelli, R. (2006). Caracterización molecular de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) De calidad enológica por marcadores Micro satélites. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVIII. N° 1., 77-86.

Medicina molecular - Glosario. (s. f.). Recuperado 29 de septiembre de 2013, a partir de <http://medmol.es/glosario/>

Messer, P. W., & Arndt, P. F. (2007). The Majority of Recent Short DNA Insertions in the Human Genome Are Tandem Duplications. *Molecular Biology and Evolution*, 24(5), 1190-1197. doi:10.1093/molbev/msm035

Mills, R. E., Luttig, C.T., Larkins, C. E., Beauchamp, A., Tsui, C., Pittard, W. S., & Devine, S. E. (2006). An initial map of insertion and deletion (INDEL) variation in the human genome. *Genome Research*, 16(9), 1182-1190. doi:10.1101/gr.4565806

Mills, R. E., Pittard, W. S., Mullaney, J. M., Farooq, U., Creasy, T. H., Mahurkar, A. A., ... Webber, C. (2011). Natural genetic variation caused by small insertions and deletions in the human genome. *Genome research*, 21(6), 830-839.

Mullaney, J. M., Mills, R. E., Pittard, W. S., & Devine, S. E. (2010). Small insertions and deletions (INDELs) in human genomes. *Human Molecular Genetics*, 19(R2), R131-R136. doi:10.1093/hmg/ddq400

Mullikin, J. C., Hunt, S. E., Cole, C. G., Mortimore, B. J., Rice, C. M., Burton, J., ... Bentley, D. R. (2000). An SNP map of human chromosome 22. *Nature*, 407(6803), 516-520. doi:10.1038/35035089

Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G., & Erlich, H. (1986). Specific Enzymatic Amplification of DNA In Vitro: The Polymerase Chain Reaction. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 51(0), 263-273. doi:10.1101/SQB.1986.051.01.032

Nachman, M.W., & Crowell, S. L. (2000). Estimate of the mutation rate per nucleotide in humans. *Genetics*, 156(1), 297-304.

Pakstis, A. J., Speed, W. C., Fang, R., Hyland, F. C. L., Furtado, M. R., Kidd, J. R., & Kidd, K. K. (2010). SNPs for a universal individual identification panel. *Human genetics*, 127(3), 315-324. doi:10.1007/s00439-009-0771-1

Paredes, M., Galindo, A., Bernal, M., Avila, S., Andrade, D., Vergara, C., Carracedo, A. (2003). Analysis of the CODIS autosomal STR loci in four main Colombian regions. *Forensic science international*, 137(1), 67-73.

Peakall, R., & Smouse, P. (2006). GenAEx - Genetic Analysis in Excel. Australian National University. Recuperado a partir de <http://biology.anu.edu.au/GenAEx/>

Pereira, R. (2011). Bridging the gap between SNPs and STRs: Insertion deletion polymorphisms in forensic genetics; principles and applications (Doctoral). USC - Universidad Santiago de Compostela, España.

Pereira, R., & Gusmão, L. (2012). Capillary electrophoresis of 38 noncoding biallelic mini-Indels for degraded samples and as complementary tool in paternity testing. *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.), 830, 141- 157. doi:10.1007/978-1-61779-461-2_10

Pereira, R., Pereira, V., Gomes, I., Tomas, C., Morling, N., Amorim, A., ... Gusmão, L. (2012). A method for the analysis of 32 X chromosome insertion deletion polymorphisms in a single PCR. *International Journal of Legal Medicine*, 126(1), 97-105. doi:10.1007/s00414-011-0593-2

Pereira, R., Phillips, C., Alves, C., Amorim, A., Carracedo, Á., & Gusmão, L. (2009). A new multiplex for human identification using insertion/deletion polymorphisms. *ELECTROPHORESIS*, 30(21), 3682-3690. doi:10.1002/elps.200900274

Pereira, R., Phillips, C., Pinto, N., Santos, C., Santos, S. E. B. dos, Amorim, A., ... Gusmão, L. (2012). Straightforward Inference of Ancestry and Admixture Proportions through Ancestry-Informative Insertion

Deletion Multiplexing. PLoS ONE, 7(1), e29684. doi: 10.1371/journal.pone.0029684

Pimenta, J. R., & Pena, S. D. J. (2010). Efficient human paternity testing with a panel of 40 short insertion-deletion polymorphisms. *Genetics and molecular research: GMR*, 9(1), 601-607. doi:10.4238/vol9-1gmr838

Pinto, N., Magalhães, M., Conde-Sousa, E., Gomes, C., Pereira, R., Alves, C., ... Amorim, A. (2013). Assessing paternities with inconclusive STR results: The suitability of bi-allelic markers.

Forensic science international. Genetics, 7(1), 16-21. doi: 10.1016/j.fsigen.2012.05.002

Piñero, D. (2008). La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México, en *Capital natural de México. En Conocimiento actual de la biodiversidad (Vol. I, pp. 415-435). México.*

Rice, W. R. (1989). Analyzing Tables of Statistical Tests. *Evolution*, 43(1), 223. doi:10.2307/2409177

Romanini, C., Catelli, M. L., Borosky, A., Pereira, R., Romero, M., Salado Puerto, M., ... Vullo, C. M. (2012). Typing short amplicon binary polymorphisms: supplementary SNP and Indel genetic information in the analysis of highly degraded skeletal remains. *Forensic science international. Genetics*, 6(4), 469-476.

Rosenberg, N. A., Mahajan, S., Ramachandran, S., Zhao, C., Pritchard, J. K., & Feldman, M. W. (2005). Clines, Clusters, and the Effect of Study Design on the Inference of Human Population Structure. *PLoS Genet*, 1(6), e70. doi: 10.1371/journal.pgen.0010070

Saladrigas, M. V., Claros, M. G., & Halphen, D. G. (2006). *Vocabulario inglés-español de bioquímica y biología molecular*. Recuperado 22 de julio de 2013, a partir de <http://www.biorom.uma.es/contenido/Glosario/>

Sanchez, J. J., Phillips, C., Børsting, C., Balogh, K., Bogus, M., Fondevila, M., Morling, N. (2006). A multiplex assay with 52 single nucleotide polymorphisms for human identification. *ELECTROPHORESIS*, 27(9), 1713-1724. doi:10.1002/elps.200500671

Santos, N. P. C., Ribeiro-Rodrigues, E. M., Ribeiro-Dos-Santos, A. K. C., Pereira, R., Gusmão, L., Amorim, A., ... Santos, S. E. B. (2010). Assessing individual interethnic admixture and population substructure using a 48-insertion-deletion (INSEL) ancestry-informative marker (AIM) panel. *Human mutation*, 31(2), 184-190.

Senge, T., Madea, B., Junge, A., Rothschild, M. A., & Schneider, P. M. (2011). STRs, mini STRs and SNPs - A comparative study for typing degraded DNA. *Legal Medicine*, 13(2), 68-74.

doi: 10.1016/j.legalmed.2010.12.001 Smalldon, K.W., & Moffat, A. C. (1973). The Calculation of Discriminating Power for a Series of Correlated Attributes. *Journal of the Forensic Science Society*, 13(4), 291-295. doi:10.1016/S0015-7368(73)70828-8

Sobrinho, B., Brión, M., & Carracedo, A. (2005). SNPs in forensic genetics: a review on SNP typing methodologies. *Forensic science international*, 154(2-3), 181-194. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.10.020

Tereba, A. (1999). *Tools for Analysis of Population Statistics, Profiles in DNA*. Promega Corporation, 2, 14-16.

Thorisson, G.A., & Stein, L. D. (2003). The SNP Consortium website: past, present and future. *Nucleic Acids Research*, 31(1), 124-127. doi:10.1093/nar/gkg052

Tishkoff, S. A., Reed, F. A., Friedlaender, F. R., Ehret, C., Ranciaro, A., Froment, A., ... Williams, S. M. (2009). The Genetic Structure and History of Africans and African Americans. *Science (New York, N.Y.)*, 324(5930), 1035-1044. doi:10.1126/science.1172257

Tomas, C., Axler-DiPerte, G., Budimlija, Z. M., Børsting, C., Coble, M. D., Decker, A. E., ... Morling, N. (2011). Autosomal SNP typing of forensic

samples with the GenPlex™ HID System: results of a collaborative study. *Forensic science international. Genetics*, 5(5), 369-375. doi: 10.1016/j.fsigen.2010.06.007

Toscanini, U. F. (2010). Estudio de la variabilidad genética en poblaciones urbanas y nativas de Argentina. Estratificación poblacional e implicaciones genético-forenses (Tesis Doctoral). USC - Universidad Santiago de Compostela, España.

Väli, Ü., Brandström, M., Johansson, M., & Ellegren, H. (2008). Insertion-deletion polymorphisms (indels) as genetic markers in natural populations. *BMC Genetics*, 9(1), 8. doi:10.1186/1471-2156-9-8

Weber, J. L., David, D., Heil, J., Fan, Y., Zhao, C., & Marth, G. (2002). Human diallelic insertion/deletion polymorphisms. *American journal of human genetics*, 71(4), 854-862. doi:10.1086/342727

Weber, J. L., & May, P. E. (1989). Abundant class of human DNA polymorphisms which can be typed using the polymerase chain reaction. *American Journal of Human Genetics*, 44(3), 388-396.

Westen, A. A., Matai, A. S., Laros, J. F. J., Meiland, H. C., Jasper, M., De Leeuw, W. J. F., ... Sijen, T. (2009). Tri-allelic SNP markers enable analysis of mixed and degraded DNA samples. *Forensic science international. Genetics*, 3(4), 233-241. doi: 10.1016/j.fsigen.2009.02.003

Yang, N., Li, H., Criswell, L., Gregersen, P., Alarcon-Riquelme, M., Kittles, R.,

Seldin, M. (2005). Examination of ancestry and ethnic affiliation using highly informative diallelic DNA markers: application to diverse and admixed populations and implications for clinical epidemiology and forensic medicine. *Human Genetics*, 118(3), 382-392. doi:10.1007/s00439-005-0012-1

Zidkova, A., Orine, A., Kebrdlova, V., & Korabecna, M. (2013). Application of the new insertion-deletion polymorphism kit for forensic identification and parentage testing on the Czech population. *Inter-*

national Journal of Legal Medicine, 127(1), 7-10. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s00414-011-0649-3>

Zong, C., Lu, S., Chapman, A. R., & Xie, X. S. (2012). Genome-Wide Detection of Single-Nucleotide and Copy-Number Variations of a Single Human Cell. *Science*, 338(6114), 1622-1626. doi:10.1126/science.1229164



WWW.POLICIA.GOV.CO

ISBN: 978-958-56084-8-1

