



Escuela Judicial
"Rodrigo Lara Bonilla"

**LA PRUEBA GENÉTICA
EN EL SISTEMA JUDICIAL
COLOMBIANO**

República de Colombia

**LA PRUEBA GENÉTICA EN EL SISTEMA JUDICIAL
COLOMBIANO**

PLAN NACIONAL DE FORMACIÓN
Y CAPACITACIÓN DE LA RAMA JUDICIAL

CONSEJO SUPERIOR DE LA JUDICATURA
SALA ADMINISTRATIVA

HERNANDO TORRES CORREDOR
Presidente

LUCÍA ARBELÁEZ DE TOBÓN
Vicepresidente

JESAILO ANTONIO GIRALDO CASTAÑO
JOSÉ ALFREDO ESCOBAR ARAUJO
CARLOS ENRIQUE MARÍN VÉLEZ
FRANCISCO ESCOBAR ENRÍQUEZ
Magistrados

ESCUELA JUDICIAL
“RODRIGO LARA BONILLA”

GLADYS VIRGINIA GUEVARA PUENTES
Directora



Consejo Superior de la Judicatura
Sala Administrativa

ESCUELA JUDICIAL
“Rodrigo Lara Bonilla”



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

MANUEL PAREDES LÓPEZ
ORLANDO ENRIQUE PUENTES
RODRIGO ERNESTO VARGAS ÁVILA

**LA PRUEBA GENÉTICA EN EL SISTEMA JUDICIAL
COLOMBIANO**

**CONSEJO SUPERIOR DE LA JUDICATURA
SALA ADMINISTRATIVA
ESCUELA JUDICIAL “RODRIGO LARA BONILLA”**

ISBN: 958-???????

© MANUEL PAREDES LÓPEZ
ORLANDO ENRIQUE PUENTES
RODRIGO ERNESTO VARGAS ÁVILA, 2008
© CONSEJO SUPERIOR DE LA JUDICATURA, 2008
Derechos exclusivos de publicación y distribución de la obra
Calle 85 No.11-96 pisos 6 y 7.
www.ramajudicial.gov.co

Primera edición: mayo de 2008
con un tiraje de 3.000 ejemplares
Diseño de cubierta: Autorun

Composición: Universidad Nacional de Colombia, Convenio 090 de 2004
Diagramación electrónica: Martha Elena Echeverry P.

Impresión
Universidad Nacional de Colombia
Unibiblos
dirunibiblo_bog@unal.edu.co
Bogotá, D.C., Colombia

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

CONTENIDO

PARTE I	1
LA TENSIÓN ENTRE DERECHOS FUNDAMENTALES EN LA PRUEBA DE ADN	1
<i>Orlando Enrique Puentes</i>	
El problema	3
El método	3
Constructivismo al uso	4
La tesis	5
La prueba de ADN en el derecho de familia	9
PARTE II	13
FUNDAMENTO BIOLÓGICO, PRÁCTICA PERICIAL Y CONSIDERACIONES JURÍDICAS Y ÉTICAS	13
<i>Orlando Enrique Puentes</i>	
INTRODUCCION	15
Genetica para abogados: Aprender la ciencia o aprender a interpretar el conocimiento científico	15
FUDAMENTO CIENTÍFICO	17
1.1 Objetivos	17
1.2 Diversidad y Herencia	18
La Diversidad humana hace posible la identificación de personas	18
Como hemos podido acumular tanta diversidad?	19
Los rasgos se heredan de padres a hijos	20
Aplicación de las leyes de Mendel a los casos de paternidad	25
Deduciendo los genotipos de un presunto padre fallecido	27
Cromosomas, genes y alelos	27
Como se reproducen las células: La Meiosis	32
Ejercicio	35

1.3	El Genoma Humano	37
	El genoma humano se copia fielmente a millones de células somáticas	37
	El ADN es el material genético	39
	Los cromosomas son los tomos de la biblioteca	41
	El Diccionario	42
	Que hacen las proteínas en nuestro escenario genético?	42
	El futuro de una mutación: Variación del genoma a nivel poblacional	43
	Los Polimorfismos de ADN generan variantes prácticamente individuales	44
	Microsatélites o STR's (Short Tandem Repeats)	45
	Microsatélites del Cromosoma Y: Un marcador del sexo masculino	46
	ADN Mitocondrial	48
1.4	Genes y Poblaciones	50
	Los genes en las poblaciones humanas	50
	Frecuencia de un alelo en una población	51
	Ejercicio	53
	Frecuencias alélicas en equilibrio genético	54
	El poder de identificación de marcadores microsatélite	59
1.5	Síntesis de la Unidad	59
1.6	Autoevaluación	61
	 AREA PERICIAL Y JUDICIAL	65
2.1	Objetivos	65
2.2	Confiabilidad de las Pruebas de ADN	65
	2.2.1. Confiabilidad de la prueba en función de la autenticidad de la evidencia	66
	2.2.2. Confiabilidad de la prueba en función del control de calidad aplicado por el laboratorio	71
	2.2.3. Confiabilidad de la prueba generada a partir del nivel de certeza del resultado genético	82
	Interpretación de las Pruebas de ADN en la investigación criminal	88
	Interpretación de las Pruebas de ADN en la Investigación del parentesco	95

El buen uso de la prueba genética en la investigación criminal y la investigación del parentesco	101
2.3 Reflexiones bioéticas alrededor de la prueba genética	104
La Negativa de la Prueba	105
La Práctica de la prueba en ausencia de la contraparte	108
Uso de información privada, no pertinente al caso que se obtiene de la práctica de la prueba en una investigación del parentesco.	108
Investigación prenatal de la paternidad en un país donde el aborto es ilegal	108
Investigaciones que aportan ganancias económicas al laboratorio pero ninguna ganancia a la investigación:	
Prueba de paternidad innecesaria y Prueba insuficiente	109
Bases de datos de perfiles de ADN para la investigación criminal	109
Información adicional a la identificatoria que puede potencialmente obtenerse de una muestra biológica	109
Referencias Bibliográficas	110
Normatividad para laboratorios	111
Glosario de Términos Biológicos	112
PARTE III	115
LA VALORACIÓN DE LA PRUEBA DE ADN EN EL PROCESO PENAL COLOMBIANO	115
<i>Orlando Enrique Puentes</i>	
1. INTRODUCCIÓN	117
1.1 Objetivos	120
1.1.1. Desarrollo de capacidades cognoscitivas	120
1.1.2. Desarrollo de destrezas conductuales y de actitud	121
1.1.3. Justificación	122
1.1.4. Metodología	122
2. RECOLECCIÓN Y DILIGENCIAMIENTO DE EVIDENCIAS – CADENA DE CUSTODIA	125
2.1 Objetivo general	125

2.2	Objetivos específicos	125
2.3.	Introducción	126
2.4.	Actividad pedagógica	127
2.5.	La cadena de custodia	127
	2.5.1. Autenticidad de la cadena de custodia	130
2.6.	Recolección de evidencias físicas e información y elementos materiales probatorios	131
	2.6.1. Búsqueda en la escena del crimen o sobre las víctimas y/o los implicados	134
	2.6.2. Recolección de elementos materiales probatorios o evidencia física	135
2.7	Sistemas de empaquetado y preservación de elementos materiales probatorios o evidencia física	138
2.8	Identificación de elementos materiales probatorios o evidencia física	138
2.9	Sistemas de empaquetado	138
	2.9.1 Tubos con elementos materiales probatorios o evidencias físicas líquidas	139
	2.9.2 Frascos o recipientes con elementos materiales probatorios o evidencias físicas líquidas o con órganos, tejidos blandos, etc.	139
	2.9.3 Hisopos estériles en seco	139
	2.9.4 Muestras con manchas secas	139
	2.9.5 Pelos debitados.	139
	2.9.6 Costras, raspaduras, uñas, etc.	140
	2.9.7 Huesos y dientes	140
2.10	Recepción de elementos materiales probatorios o evidencia física en el laboratorio	140
2.11.	Auto-evaluación	141
3.	LA PRUEBA DE ADN, DERECHOS FUNDAMENTALES Y JUEZ DE CONTROL DE GARANTÍAS	142
3.1	Objetivo general	142
3.2	Objetivos específicos	142
3.3.	Actividad pedagógica	142
3.4.	Introducción	143

3.5. Las intervenciones corporales y el ADN como diligencias de la investigación penal	144
3.6. Clases de intervenciones corporales	145
3.7. Derechos fundamentales afectados	146
3.8. Presupuestos legales y objetivos	147
3.8.1. Principio de legalidad	149
3.8.2. Principio de Proporcionalidad	151
3.9. Principio de proporcionalidad y análisis de ADN	154
3.10. La negativa del sujeto a someterse voluntariamente a las intervenciones corporales. Consecuencias jurídicas	156
3.11. Presupuestos formales	159
3.11.1. Competencia para ordenar la diligencia de análisis de ADN que involucre intervención corporal	159
3.11.2. Las intervenciones corporales y el ADN como diligencias de la investigación penal	161
3.12. Presupuestos formales y materiales	162
3.13. Las inspecciones, los registros corporales en el proceso penal y la aplicación del juicio de proporcionalidad como método de ponderación en la jurisprudencia	163
3.14. Auto-evaluación	167
4. LA VALORACIÓN EN EL PROCESO PENAL COMO PRUEBA DE LOS RESULTADOS GENÉTICOS DE ADN	169
4.1 Objetivo general	169
4.2 Objetivos específicos	169
4.3. Actividades pedagógicas	169
4.4. Introducción	170
4.5. La seguridad de los análisis de ADN	171
4.6. Deficiencias en la recogida y envío de muestras al laboratorio y su incidencia en su eficacia probatoria	175
4.7. La libre valoración de la prueba pericial de ADN y el método científico	177
4.8. La libre valoración de la prueba de ADN y el cálculo de probabilidades	183
4.9. Autoevaluación	188
BIBLIOGRAFIA	190

CONVENCIONES

Og

Objetivo General

Oe

Objetivos Específicos

S

Síntesis

Ca

Cuestionarios de Autoevaluación

PARTE I

LA TENSIÓN ENTRE DERECHOS FUNDAMENTALES

EN LA PRUEBA DE ADN

ORLANDO ENRIQUE PUENTES¹

¹ Abogado, especializado en derecho penal, curso la maestría en teoría del derecho. Igualmente, realizó estudios de filosofía. Se ha desempeñado como profesor y consultor en el área del derecho penal.

EL PROBLEMA

La prueba de ADN, que permite conocer el perfil genético de un individuo, puede ser ordenada por un Juez con el fin de determinar a quien pertenece el material biológico que se encontró en una víctima o en el lugar de los hechos, y de esta manera definir la eventual participación en las conductas investigadas. Sin embargo, su práctica, en los procesos judiciales, pueda violar en distinto grado varios derechos fundamentales como la dignidad humana (art. 1º C. P.), la libertad (art. 28 C. P.), la integridad corporal (art. 12 C. P.), la intimidad (art. 15 C. P.), la no auto incriminación (art. 33 C. P.), la autonomía de la persona (art. 16 C. P.), el derecho a la salud (art. 49 C. P.); que son derechos inalienables de la persona (art. 5º C. P.), a los que el Estado les reconoce primacía, que se expresa mediante una protección especial. En efecto, estos derechos fundamentales entran en tensión con el derecho de las víctimas a la verdad², a la justicia, y a la reparación, que son los fines del Derecho Penal, según lo señala la Corte Constitucional, en la sentencia C – 591de 2005.

Como consecuencia de la colisión de derechos que puede darse con la práctica de la prueba de ADN, la producción jurisprudencial de la Corte Constitucional colombiana se ha dirigido a la protección de todos los derechos en juego, mediante la construcción de sistemas de ponderación para señalar que tanto deben ceder ciertos derechos frente a otros, sin que desaparezca la protección que merece un derecho fundamental.

EL MÉTODO

Ahora bien, a este conflicto de derechos que se actualiza en cada actuación judicial, que dispone la práctica de la prueba de ADN y su utilidad para hacer enunciados verdaderos en la decisión final y así resolver conflictos de manera justa, la Corte Constitucional ha respondido con las herramientas conflictivistas

2 La verdad como finalidad del proceso penal no aparece expresamente en el texto constitucional, pero en la medida en que opera como condición de posibilidad de la justicia, su consideración es necesaria, pues sin su concurso no puede llegarse a una sentencia de la que pueda predicarse que es justa. Otro argumento que apoya la tesis de la verdad como finalidad es que la Comisión Interamericana y la Corte Interamericana de Derechos Humanos han deducido su existencia de algunos artículos de la Convención interamericana de derechos, y se incorpora como “soft law” al Derecho interno. Sin embargo, me parece que este último argumento es débil en la medida en que se trata de documentos con valor doctrinario, o pueden adquirir valor jurisprudencial por su uso por tribunales nacionales e internacionales, e ingresan al sistema jurídico como cláusula general de interpretación, conforme al artículo 93 de la Constitución Política.

de interpretación³. Es así como de una parte, utiliza el llamado “test” de razonabilidad para definir la constitucionalidad de una regla jurídica concreta que afecte el principio de igualdad o del libre desarrollo de la personalidad. De otro lado, emplea la ponderación o balanceo para medir el peso de dos derechos constitucionales en conflicto, y definir la primacía de un derecho sobre el otro. Estos métodos de ponderación son de uso reciente en la jurisprudencia colombiana, al punto que puede decirse que se implanta su utilización a partir de la Corte Constitucional creada por la Asamblea Nacional constituyente del año de 1991.

CONSTRUCTIVISMO AL USO

Con relación a la producción de la Corte Constitucional frente al alcance y contenido de los derechos fundamentales se puede afirmar que constituye un caso de constructivismo⁴, en el sentido de que es “la transformación de un concepto inexacto y vago empleado en algún ámbito, por otro más propicio y exacto que pueda ser usado en la mayoría de las ocasiones en que se use el concepto anterior. En tanto, permite evidenciar los trazados de una cierta ruta fijada por la evolución del concepto”⁵. En efecto, es el caso del enunciado que se hace en el artículo 1º, del Título I de la Constitución Política, que trata de los Principios Fundamentales, en el que se considera que Colombia es una República fundada en el respeto de la “*dignidad humana*”, esta última que es una expresión de textura abierta, que ha venido ganando en operatividad en la medida en que se ha fijado su contenido en diversas sentencias, y se va precisando la noción de que el ser humano existe como un fin en si mismo, y nunca solo como medio⁶. Este último concepto puede ser usado por el operador pues, ante un determinado comportamiento, puede decir si una persona es instrumentalizada o no, en tanto que con la noción conforme está en el texto constitucional no es posible hacerlo. Igual suerte corrió con el derecho

-
- 3 El conflictivismo interpreta el derecho como poderes o derechos que entran en “conflicto” en contextos sociales concretos, en oposición a la interpretación del derecho a partir de conceptos. Sobre este punto puede consultarse el texto del profesor Diego Eduardo López Medina “Interpretación constitucional”, publicado por el Consejo Superior de la Judicatura. Bogotá, 2006.
 - 4 El constructivismo es un procedimiento para dotar de significado los principios de una disciplina a partir de los criterios de personas que trabajan el tema. El significado termina siendo el producto de las multiplicidad de opiniones de los participes en la respectiva disciplina. Este último es el sentido del constructivismo en John Rawls que puede ser consultado en su texto “Liberalismo Político”, FCE, Colombia 1996
 - 5 Nino, Carlos Santiago. *Ética y derechos humanos*. Ariel, Buenos aires, 1992, p. 31.
 - 6 C. Const. Sent. T – 211 de 1994. M.P. Alejandro Martínez Caballero. En esta sentencia la demostración de la dignidad humana se hace a partir del texto de Kant de la Fundamentación de la Metafísica de las Costumbres.

a la intimidad consagrado en el artículo 15 de la Constitución, pues de ser un enunciado ambiguo en la norma constitucional se convirtió en un concepto útil para valorar si una actuación violaba el derecho a la intimidad, pues se indicó que el titular de este derecho es “*el único legitimado para permitir la divulgación de datos concernientes a su vida privada. Su finalidad es la de asegurar la protección de intereses morales; su titular no puede renunciar total o definitivamente a la intimidad pues dicho acto estaría viciado de nulidad absoluta*”⁷. Con esta construcción de la Corte se puede analizar si una conducta interfiere o no el derecho a la intimidad, en la medida en que es suficiente examinar quien está divulgando datos de la vida privada, y si es un tercero si está autorizado para hacerlo o no, y si la autorización para hacerlo es de carácter definitiva, porque en caso de que así sea, nos encontramos ante un acto que carece de validez en el campo jurídico.

LA TESIS

Esta introducción demuestra que la jurisprudencia de la Corte Constitucional construye una teoría de los derechos fundamentales, y como en situaciones concretas se dan conflictos entre derechos, la Corte para dirimirlos lo hace mediante juicios de razonabilidad.

En efecto, es el caso de lo expresado por la Corte Constitucional al examinar la constitucionalidad de la obtención de muestras que involucren al imputado prevista en el artículo 249 de la Ley 906 de 2004. Esta toma de muestras tiene una potencial incidencia grave en los derechos fundamentales del imputado, en consecuencia, “*corresponde a la Corte aplicar un juicio de proporcionalidad estricto. Ello implica que los fines deben ser imperiosos, los medios no sólo idóneos sino además necesarios para alcanzar dichos fines y que las medidas no conlleven una limitación desproporcionada de los derechos del imputado, frente a los fines buscados.*”⁸

El siguiente paso de la Corte fue aplicar el “test” a la norma. Por razones de metodología lo primero que la Corte hace es señalar los fines y examinar su legitimidad frente al ordenamiento constitucional. Los fines que reseña la sentencia son asegurar la investigación de los hechos que revistan las características de un delito, asegurar la conservación de la prueba, proteger a las víctimas del delito y garantizar que la investigación penal se realice con el pleno respeto del debido proceso y el derecho de defensa. Además, al examinar la legitimidad de esos fines con relación a la Constitución Política, considera que son legítimos porque “*propenden*

7 C. Const. Sent. T-414 de 1992. M. P. Ciro Angarita Barón

8 C. Const. Sent. C-822 de 2005. M.P. Manuel José Cepeda Espinosa

por la garantía de derechos y principios esenciales del Estado, la protección de la vida, honra y bienes de los habitantes del territorio nacional y a asegurar la convivencia pacífica.”⁹ En otras palabras, las evidencias físicas son necesarias para el esclarecimiento de los hechos, el establecimiento de la responsabilidad penal, la protección de los bienes jurídicos tutelados penalmente y la garantía de los derechos de las víctimas, y sin esas muestras resultarían gravemente afectados.

La Corte al examinar los medios revisa su idoneidad y necesidad. Con respecto a la idoneidad señala que la toma de muestras corporales es la manera adecuada y útil para obtener elementos materiales probatorios y evidencia física. Con relación a la necesidad señala que es indispensable en algunos casos para la determinación de la responsabilidad penal, de la ocurrencia del hecho delictivo y de sus características, por vía de ejemplo la Corte señala la toma de semen en la investigación de delitos contra la libertad sexual para contrastarlas con las muestras encontradas en el cuerpo de la víctima.

Finalmente, el juicio de razonabilidad en sentido estricto pone en conflicto el interés público en la investigación del delito, el bien jurídico tutelado y la protección de los derechos de las víctimas, con el interés del individuo en no ser sometido a limitaciones en el ejercicio de los derechos indicados al comenzar este escrito. En este momento la Corte tuvo en cuenta distintos factores: “(i) la gravedad del delito, (ii) la importancia del bien jurídico tutelado, (iii) el impacto que tendría para los derechos de las víctimas en que se identifique a los responsables de un hecho delictivo, el que se negara la obtención de muestras que involucren al imputado; (iv) el valor probatorio de la evidencia material de la muestra a la luz del programa de investigación y, por el otro, (v) el grado de incidencia de la medida en los derechos del imputado y (vi) las condiciones personales del mismo.”¹⁰ La Corte Constitucional trabajó para la toma de la decisión con dos niveles de afectación al derecho de la intimidad, pues consideró que la incidencia podía ser media o alta, según el procedimiento empleado. Nada le impedía a la Corte construir la sentencia con un mayor número de grados, pero operativamente razonó que con dos grados podía resolver el conflicto planteado. Así las cosas el grado alto de afectación lo definió a partir de si la técnica empleada era altamente invasiva a la intimidad como lo sería la obtención de muestras de cavidades sexuales, y menor si no es necesario entrar en contacto con órganos sexuales como en el caso de la toma por ejemplo de muestras de saliva o huellas de pisada.

9 Ibídem

10 Ibídem

En conclusión, la Corte Constitucional considera que la toma de muestras corporales al imputado debe hacerse con autorización del Juez de Control de Garantías, y en todos los casos la Fiscalía deberá acreditar la pertinencia, idoneidad, necesidad, y proporcionalidad de la prueba frente a las condiciones particulares del caso. No es, en criterio de la Corte, una autorización mecánica, sino que debe estar argumentada por quien la solicita en los términos de la sentencia.

Una vez examinada la manera de proceder de la Corte Constitucional colombiana abordaremos la base teórica¹¹ que nutre las decisiones de la Corte Constitucional. En efecto, los llamados “test” los utiliza la corte para examinar problemas de constitucionalidad que presente la legislación o para dirimir tensiones entre derechos de particulares. El origen de estas técnicas se encuentra en las decisiones de la Corte Suprema de Justicia norteamericana que a finales del siglo XIX resolvió algunos conflictos bajo la idea de que lo que entraba en colisión no eran intereses, sino “derechos”, que debían de tener una relación de medio a fin, pero uno y otro deben ser válidos constitucionalmente, por ejemplo, en el año de 1905, en el caso *Lochner contra Nueva York* la Corte Suprema estadounidense dijo: *“es un problema de cual de los dos poderes o derechos debe vencer –el poder del estado de legislar o el derecho del individuo a la libertad personal y a la libertad de contratación. La simple afirmación que se trata de una cuestión que se relaciona con la salud pública no necesariamente determina la constitucionalidad de la norma del estado. La ley debe tener una relación más directa, de medio a fin, y el fin en sí mismo debe ser apropiado y legítimo[...]”*

La cita ofrece embrionariamente todos los elementos del test que actualmente utiliza la Corte Constitucional para decidir conflictos entre derechos. Es así como se señala que la ley debe tener una relación de medio a fin, y la exigencia de que sea apropiado y legítimo, que no es nada distinto a la exigencia de la Corte Colombiana de que los medios sean idóneos, necesarios y constitucionales, conforme lo ha señalado por ejemplo en la Sentencia C-822 de 2005.

Ahora bien, mirar el origen de una institución no es suficiente para comprender su sentido, pues sería incurrir en el error de confundir el origen con el sentido. Para examinar el sentido del juicio de razonabilidad es útil fijar los rasgos de los principios, para una vez señalados examinar como operan, y en esa medida comprender como en su operatividad está dada la actualización que en cada caso en concreto se hace del principio.

11 Entiendo por teoría una oferta de sentido que hace una comunidad concreta, que permite donar coherencia a los distintos enunciados que se hacen sobre objeto concreto.

Los principios son comprendidos como “*mandatos de optimización con respecto a las posibilidades jurídicas y facticas.*”¹² En otras palabras, los principios ordenan que un determinado comportamiento se realice en la medida de lo posible, lo que implica que pueden existir situaciones de hecho que hacen imposible o parcialmente posible su realización, o que el principio quede en conflicto con otro mandato, prohibición, o permisión que hace que el mandato en concreto no pueda cumplirse o solo se pueda hacer cumplir de manera parcial. En conclusión, los principios no contienen mandatos definitivos sino sólo *prima facie*, pues pueden ser desplazados de manera total o parcial por otros, es decir, pueden ser aplicados dos o más principios en proporciones distintas.

Así pues, entre los principios y su aplicación concreta existe un vínculo que es el de la cantidad o proporción que es posible aplicar al caso concreto según limitaciones de hecho o de carácter jurídico. Este punto es explicado por Robert Alexy en el texto de “Teoría de los derechos fundamentales”. Allí se afirma: “*Que el carácter de principio implica la máxima de la proporcionalidad significa que la máxima de la proporcionalidad, con sus tres máximas parciales de la adecuación, necesidad (postulado del medio más benigno) y de la proporcionalidad en sentido estricto (el postulado de ponderación propiamente dicho) se infiere lógicamente del carácter de principio, es decir, es deducible de él.*”¹³ Las máximas parciales de la adecuación y de la necesidad son consecuencia de las posibilidades facticas de aplicación del mandato contenido en el principio. Es así como si para lograr el fin “F” con el principio “P1” existen dos medios adecuados para lograrlo, de un lado el medio “M1”, y de otra parte el medio “M2”, pero el medio “M1” afecta en mayor grado el principio “P2”, entonces será constitucional elegir el medio “M2”, y, en consecuencia, resulta prohibida la elección del medio “M1”. Con relación al proporcionalidad en sentido estricto tenemos que es un debilitamiento o erosión del principio con respecto a sus posibilidades jurídica, pues como el principio “P1” entra en colisión con el principio “P2”, se hace necesario entonces determinar cual principio tiene más peso en el caso en concreto, por lo tanto, al trabajar con principios inevitablemente hay que establecer cual tiene más peso específico en las situaciones reales.

Con relación a la ponderación tenemos que no es únicamente una metodología que utiliza la Corte Constitucional para la resolución de conflictos entre derechos fundamentales. Es un modulador de la actividad procesal, por mandato

12 Alexy, Robert. Teoría de los derechos fundamentales. Edit. Centro de Estudios Políticos y Constitucionales. Madrid. 2002. Pág. 112

13 Ibídem, Pág. 111

del artículo 27 de la ley 906 de 2004¹⁴, que forma parte de los principios rectores y garantías procesales. Ahora bien, la función de un modulador de la actividad judicial es la de variar la intensidad en la actividad del operador judicial para evitar excesos que impidan el logro de la justicia. Resulta, entonces, que la ponderación es un método legal de interpretación para limitar el desarrollo y los efectos de la investigación penal en forma tal que se afecten lo menos posible los derechos fundamentales del procesado o de las víctimas. Vale afirmar, que la ponderación es un criterio para fundamentar la decisión concreta del operador, sin desconocer los principios o derechos que resulten en conflicto.¹⁵

Por último, los conflictos entre derechos que surjan con ocasión de la práctica de la prueba de ADN, los operadores jurídicos están constreñidos a resolverlos por vía de ponderación. Los argumentos que respaldan la posición pueden resumirse así: De un lado, los principios en tanto en que son de mandatos de aplicación según condiciones jurídicas y facticas concretas, lo que obliga a que forzosamente deban ponderarse esas condiciones para decidir el grado de aplicación del principio. De otro lado, la cláusula legal del artículo 27 de la ley 906 sobre moduladores de la actividad procesal contiene un mandato para el operador jurídico que consiste en que debe ceñir su actuación a criterios de ponderación para materializar la justicia en el proceso penal.

Ahora bien, en la medida en que el operador jurídico utiliza la metodología de la ponderación construye soluciones diferentes, pero guiadas por el mismo criterio, en los distintos casos, promoviendo una aplicación concreta del Derecho sin que el exceso en la actuación estatal rompa el principio de justicia, en casos de conflicto de derechos fundamentales o principios.

LA PRUEBA DE ADN EN EL DERECHO DE FAMILIA

La Corte Constitucional también se ocupó de la prueba de ADN en materia de derecho de familia¹⁶, de manera concreta sobre la manera de fallar cuando las

14 El texto completo del artículo 27 de la ley 906 dice: *Moduladores de la actividad procesal*. En el desarrollo de la investigación y en el proceso penal los servidores públicos se ceñirán a criterios de necesidad, ponderación, legalidad y corrección en el comportamiento, para evitar excesos contrarios a la función pública, especialmente a la justicia.

15 Es ilustrativo en este sentido el texto de Carlos Bernal Pulido: *El derecho de los derechos*, en el capítulo denominado “el principio de proporcionalidad de la legislación penal” Edit. Universidad Externado de Colombia, Bogotá, 2005.

16 La Corte Constitucional se ha ocupado de la prueba de ADN, entre otras, en la sentencia C 808 de 2002 en la que se resolvió la constitucionalidad del parágrafo 1º del artículo 8 de la ley 721 de 2001 que modificó algunos aspectos de los procesos de filiación.

personas son renuentes a la práctica del examen, sin importar las razones que se expresen por parte del renuente. Pues bien, en estos eventos “*el juez debe acudir a los otros medios de prueba que le permitirán fallar, ya sea decretándolos de oficio o a petición de parte (art. 3º de la Ley 721/01).*”¹⁷ En otras palabras, la Corte Constitucional encuentra en el mismo texto legal, por vía de la interpretación sistemática, el camino para resolver la eventual colisión entre los derechos a la intimidad del renuente y la filiación, base para salvaguardar los derechos fundamentales en lo referente “*al nombre, a tener una familia y al reconocimiento de su personalidad jurídica; con la subsiguiente protección de los derechos que de allí se deriven tales como la capacidad de goce, el estado civil, el domicilio, el patrimonio.*”¹⁸ La vía que le permite resolver el conflicto entre los distintos derechos es el decreto oficioso de pruebas o la petición de pruebas de parte, que suministran el material probatorio para que el Juez defina la filiación, sin afectar el derecho del renuente y pone a salvo el derecho a la filiación del actor o demandante.

La Corte considera que la renuencia de los interesados a la práctica debe tomarse como indicio en contra, pero en modo alguno como prueba suficiente para decretar la paternidad o maternidad que se pretende declara en el proceso. En este punto la Corte no señala la clase de indicio, ni la regla de experiencia que vincula al enunciado del hecho indicador con el enunciado del hecho indicado. Entonces, el indicio y en particular la regla de experiencia, que forma parte de él, quedan en manos del operador jurídico, quien en este punto no puede proceder de forma mecánica, pues deberá al construir el indicio revisara los motivos de la negativa, pues si se ajustan al orden constitucional, por ejemplo, motivos religiosos comprobados, ese factor perturbara la regla de experiencia general, y la negativa a la práctica de la prueba no permitirá construir un indicio fuerte en contra del renuente, a diferencia de lo que ocurre cuando no existe justificación alguna para que la persona se niegue a la práctica de la prueba.

17 C. Const. Sent. C 808 de 2002

18 C. Const. Sent. C 808 de 2002

Su

La tensión entre derechos que puede darse con ocasión de la prueba de ADN en los procesos judiciales encuentra un camino de solución, para afectarlos en el menor grado posible derechos fundamentales, de una parte, y poniéndolos a buen recaudo, de otro lado, todo a través de la utilización de juicios de ponderación entre derechos, y como criterio metodológico el uso de los llamados test, en sus diferentes modalidades. Igualmente, cuando la Corte encuentra en el mismo texto legal mecanismos que le faciliten al juez cumplir con la obligación de llegar a la verdad sin necesidad de afectar otros derechos fundamentales, como en el caso del renuento a la práctica de la prueba de ADN en derecho de familia, aunque el renuento deberá soportar un indicio en su contra.

Así las cosas, el discurso de la Corte Constitucional es una construcción permanente de herramientas para poner a salvo los distintos derechos fundamentales, bien sea por indeterminación en los principios, vaguedad en la redacción de las reglas, contradicciones reales o aparentes que puedan afectar los derechos fundamentales. Este esfuerzo por construir un discurso jurídico controlado racionalmente, en el que impere solo la coacción del mejor argumento, teniendo en cuenta que el conflicto entre derechos no implica la supresión de uno de ellos en el orden jurídico, sino que conviven en permanente tensión, y que hay necesidad de construir mecanismos que permitan esa difícil coexistencia, constituye un autentico precedente metodológico frente a los derechos fundamentales.

TRABAJO PERSONAL

Reconstruya la ponderación que realizó la Corte Constitucional para establecer que la inspección corporal del imputado en las condiciones y con los requisitos previstos en el artículo 247 de la Ley 906 de 2004 no viola el derecho a la no auto incriminación, según la sentencia C-822 de 2005.

En la sentencia C-822 de 2005 se afirma que no hay un solo método de ponderación. Explique los pasos de uno de los otros métodos de ponderación y señale las diferencias y similitudes con el test utilizado por la Corte Constitucional.

PARTE II

FUNDAMENTO BIOLÓGICO, PRÁCTICA PERICIAL

Y CONSIDERACIONES JURÍDICAS Y ÉTICAS

MANUEL PAREDES LÓPEZ¹

¹ Médico de la Universidad Nacional de Colombia, Especializado en genética, profesor de genética en la Universidad Nacional de Colombia, Director de Genética del Instituto de Medicina Legal,

INTRODUCCION

GENETICA PARA ABOGADOS: APRENDER LA CIENCIA O APRENDER A INTERPRETAR EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El abogado moderno reconoce la urgente necesidad de capacitarse para hacer buen uso de las herramientas periciales que actualmente ofrecen las ciencias forenses. Aun así, no le es fácil interpretar los resultados de las pruebas científicas y no es solamente por que no posea los conceptos en campos específicos del conocimiento, es tal vez un problema más profundo que tiene que ver con la dificultad de acercarse a la realidad a través del grado de certeza que ofrece la experimentación científica y lo que es mas difícil desde mi percepción, es aceptar que a todo estudio científico le cabe un nivel de error o incertidumbre.

Desde que los humanos construimos sistemas jurídicos, la autoridad judicial de la comunidad siempre requirió apoyarse en el experto para tomar decisiones. El juez requería demostrar que el individuo había violado la norma de convivencia y necesitó la opinión del conocedor de un saber particular para ganar certeza sobre su creencia acerca de la participación consciente del acusado en el hecho investigado. Así, la duda en el juzgador ha sido la constante histórica de los procesos y el acto de la decisión nunca ha dejado de ser un objeto de estudio de la filosofía y la matemática. (Ref 1). En ese sentido hablar de valoración probatoria en términos cuantificables no es ninguna novedad.

Es en esa misma dirección que el juez ha ido entendiendo su función no solo dirigida a acumular evidencia si no a valorar la información generada en pruebas periciales para apoyar una decisión. En otras palabras establecer un grado de creencia sobre lo que ha sido el escenario más probable del delito, apoyado en saber científico que intenta objetivamente reconstruir.

Actualmente no dejan de sorprendernos las muchas opciones para que la ciencia forense convierta la escena del crimen en objetos accesibles al análisis. Desde la ciencia y la técnica es posible ahora demostrar con muy poca incertidumbre el origen de transferencias de materiales entre los actores de los mas diversos conflictos humanos. En esa dirección, la genética es quizás una de las disciplinas que ha generado las más precisas herramientas de análisis forense pero como todo conocimiento en ciencia también aquí cabe la incertidumbre y como en toda construcción científica esta es susceptible de medirse y controlarse y es aquí donde comienza la labor del juzgador.

PARTE II

Esta obra ha sido el resultado de recoger las mas autorizadas opiniones del sector judicial colombiano, las mas académicas y las mas experimentadas y reflexivas acerca de necesidades de capacitación de jueces en el campo de las pruebas genéticas, luego de superada una década de pruebas de ADN en Colombia; a partir de tan importante insumo intentamos generar un conjunto de ayudas pedagógicas que responda a tales inquietudes y contribuya a mejorar el uso y la critica pericial en genética en un sistema penal que se plantea acusatorio, oral y demostrativo.

UNIDAD 1

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

1.1 OBJETIVOS

Og

El estudiante con formación en Derecho, estará en capacidad de definir y relacionar con el lenguaje apropiado los conceptos biológicos mínimos en los que se soporta una prueba genética .

Oe

Explicar las fuentes de la diversidad biológica y relacionarla con la posibilidad de identificar individuos.

Reconocer las leyes de la herencia y aplicarlas a la investigación biológica del parentesco.

Descubrir en el microcosmos celular las estructuras moleculares que contienen la información genética polimórfica e identificar algunas herramientas de la biología molecular utilizadas para hacer accesible al análisis estas regiones del ADN.

Detectar la relación existente entre la diversidad molecular y la dinámica de las poblaciones humanas y cuantificar dicha variación

A través de modelos simples, introducir el concepto de probabilidad como medida de la incertidumbre y ejercitarse con cálculos básicos las leyes de la probabilidad

Explicar en términos básicos el fundamento de las tecnologías más utilizadas para obtener perfiles de ADN en el laboratorio forense.

1.2 DIVERSIDAD Y HERENCIA

LA DIVERSIDAD HUMANA HACE POSIBLE LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS

Es un hecho evidente que no necesita demostración: para podernos identificar debemos ser distintos unos de otros. Pero cuan distintos somos en realidad? Supongamos que estoy pensando en un personaje de la historia del cual no recuerdo su nombre pero puedo hacer su descripción ante usted con el fin de que sea identificado, generalmente nos referimos a sus rasgos físicos más particulares o incluso hablamos de algunos rasgos de su comportamiento de tal manera que resulte muy difícil que otro individuo que no sea el que queremos, reúna todas esas señales individuales.

En otras palabras para identificar a una persona primero debemos individualizarla a través de sus rasgos. Aun así, siempre es posible confundirse: Alguien puede estar pensando en otra persona muy parecida que conoce y que también coincide con la descripción anterior talvez porque los rasgos que mencioné son todos muy comunes en una población determinada. (cabello liso, tez blanca, ojos negros, etc). Tendría entonces no solo que aumentar la lista de rasgos si no además intentar mencionar aquellos que son poco comunes entre la gente, veamos: la cara es alargada, la nariz aguileña y grande, tiene un notable *prognatismo* que hace ver su labio inferior muy prominente, sus párpados se ven caídos, las orejas son muy grandes y además tiene fama de loco, en fin, así quizás ellos solo piensen en la misma persona que yo.

Si tuviese a mano un catálogo de rasgos físicos, podría escoger por ejemplo los tipos de narices, de ojos o de bocas intentando hacer una descripción mas precisa, pero obviamente buscaría aquellos rasgos que presentasen muchas formas diferentes en la misma población, supongamos que la nariz aguileña de mi personaje es una de los 50 tipos de narices que han sido descritas y muy poca gente tiene así la nariz, en cambio, los párpados están caídos o no están caídos, es decir no hay muchas opciones en cuanto a la posición de los párpados, por lo tanto no sería un rasgo muy individualizante, en el mejor de los casos dependería de que tan raros sean los párpados caídos. Bueno, finalmente he conseguido su retrato en la internet se trata del Rey Carlos II de España (El hechizado):



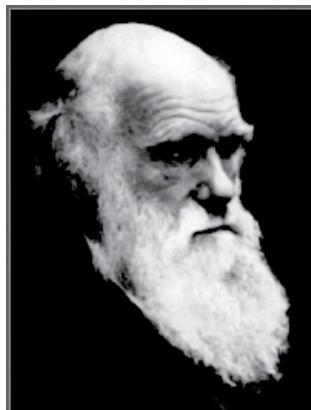
<http://www.msu.edu/course/lbs/333/fall/images/Charles2>.

Las pruebas de ADN funcionan de una manera similar al ejemplo anterior: buscamos las variantes genéticas de un individuo, seleccionando intencionalmente aquellas de las cuales conocemos que se presentan en muchas formas distintas en la misma población. Analizamos cerca de una docena de sitios variantes en el genoma humano y esto nos permite disponer de un muy amplio repertorio de rasgos individualizantes de modo que al combinar tantas variantes en una persona, ahora si es muy improbable que otro individuo, no pariente de mi amigo, posea las mismas variantes genéticas que él y por lo tanto tengamos una herramienta de identificación muy poderosa.

COMO HEMOS PODIDO ACUMULAR TANTA DIVERSIDAD?

Quizás es el momento de diferenciar la *variación fenotípica* observable, de la variación oculta en el material genético. (*variación genotípica*). Mientras no tuvo herramientas de análisis más discriminantes, el hombre pudo reconocer primero las diferencias externas entre los organismos y como consecuencia, agruparlos por los rasgos fenotípicos que compartían. (**Ref 2**). Así, no era difícil imaginar que quienes presentaban formas similares podían haber tenido un mismo origen. Esta idea maduró en la mente del naturalista inglés Charles Darwin, quien en 1859 intentó explicar como la diversidad se modificaba a partir de fuerzas biológicas que actúan sobre los organismos:los individuos que poseen rasgos mas favorables para competir en un ambiente determinado, viven mas y se reproducen mas prolíficamente, con lo cual se impone la *selección natural* de esa condición y se vuelve mayoritaria en la población. (**Ref 3**). O dicho de otra manera, la selección natural ocurre cuando algunas variaciones heredables son expuestas al ambiente quien favorece el éxito reproductivo de algunos individuos sobre otros.

La acumulación de estos cambios en las especies permitía la evolución hacia formas alternativas. Hoy vemos sorprendidos la infinidad de *adaptaciones* al medio que muchas especies han desarrollado.



En las ideas Darwinianas pueden detectarse dos elementos fundamentales:

1. Gracias a la variación genética, era posible la evolución de las especies hacia formas diferentes. Darwin no podía detectarlo con los métodos de su época pero hoy sabemos que esto es posible gracias a que el material genético de nuestras células puede hacer cambios en la información que contiene. El proceso se llama **mutación**.
2. Las formas exitosas se hacen cada vez más frecuentes entre los individuos gracias a que estos sobreviven más tiempo y por lo tanto tienen más opciones de heredárselas a sus descendientes. En otras palabras la selección natural opera cuando existe un rasgo asociado a tasas altas de supervivencia y de reproducción.

El lector podrá observar que ya están planteados los temas fundamentales de nuestro libro: la identificación humana en relación con la variación genética y la herencia. Es el momento entonces de contarles la historia de la herencia que también se construyó en el mismo siglo XIX.

LOS RASGOS SE HEREDAN DE PADRES A HIJOS

Si volvemos a la búsqueda de nuestro amigo de la nariz aguileña y labio protrudió, recordemos que a pesar de lo poco estético de sus rasgos, aun es posible confundirlo con individuos que comparten esta fisonomía en la población y seguramente los encontraremos más fácilmente entre los miembros de su familia. Este

rasgo facial fue heredado de forma dominante a 95 personas de la familia de Carlos II durante 34 generaciones. He conseguido en internet una foto de su familia:



Se trata de la famosa dinastía de los **Habsburgo** quienes reinaron en el imperio Austro-Húngaro desde el siglo XIII y cuyos descendientes también ocuparon los tronos de España y Alemania. Usted puede observar los rasgos faciales en el Abuelo Maximiliano I (a la izquierda, de pie y de perfil) y en su nieto el Emperador Carlos V (sentado al centro) a su vez el tatarabuelo de nuestro personaje Carlos II de España. Curiosamente, estos rasgos fueron relacionados en el imaginario colectivo de la época con predestinación al poder. Hoy sabemos que el poder no es genético aunque no podría descartar que el pariente de un gobernante tenga una alta probabilidad de heredar el cargo...

Fue solo hasta 1865 cuando Gregorio Mendel un monje agustino de Brno construyó una teoría para explicar como funciona la herencia. (**Ref 4**). Mendel era lo que puede llamarse un científico riguroso: Eligió un modelo de organismo para su estudio, de fácil consecución y que le aportaba mucha información (la planta de arveja), diseñó cuidadosamente experimentos muy coherentes y controlados, recolectó gran cantidad de datos y aplicó un método matemático para probar sus hipótesis. En el jardín del monasterio donde vivía sembró plantas de arveja autofecundando las flores con su propio polen durante dos años sin permitir que el polen de otras plantas llegase a las flores del experimento. Así, obtuvo lo que llamó **Líneas puras**: Todas las descendientes copiaban los rasgos de la planta **parental**.

En el siglo XIX Mendel y Darwin solo podía estudiar la variación sobre el fenotipo observable de los individuos y hacer deducciones sobre su material genético ya que este aún no se conocía para la época.



Así, aisló plantas que producían solamente flores blancas y otras que solo producían flores púrpura. Luego realizó un primer cruzamiento: fecundó unas plantas con polen de las otras y observó que todas las plantas hijas tenían flor púrpura, como si un rasgo fuese mas poderoso (o dominante) que el otro. A esta generación la llamó F1. Posteriormente en un segundo cruzamiento, permitió que estas plantas nuevas se *autopolinizaran*. De las semillas generadas, obtuvo algunas plantas de flor blanca. Al observar la reaparición de este rasgo, Mendel y encontró algo interesante: De las 925 plantas hijas, 705 eran de flor púrpura y 224 de flor blanca (esta generación la llamó F2). Al parecer, el color blanco se había “ocultado” temporalmente. Al repetir el procedimiento una y otra vez, siempre observó la misma proporción de colores en los descendientes.

Aunque los experimentos mendelianos en realidad fueron bastante mas complejos y numerosos que lo que puedo relatarles aquí, intento resumir con esto cual fue el razonamiento de Mendel a partir de sus hallazgos y como construyó su teoría sobre la herencia. Primero, debió representar cada rasgo fenotípico puro con una letra diferente: *A* para el *rasgo dominante* y *a* para el *rasgo oculto o recesivo*

Flor púrpura: A

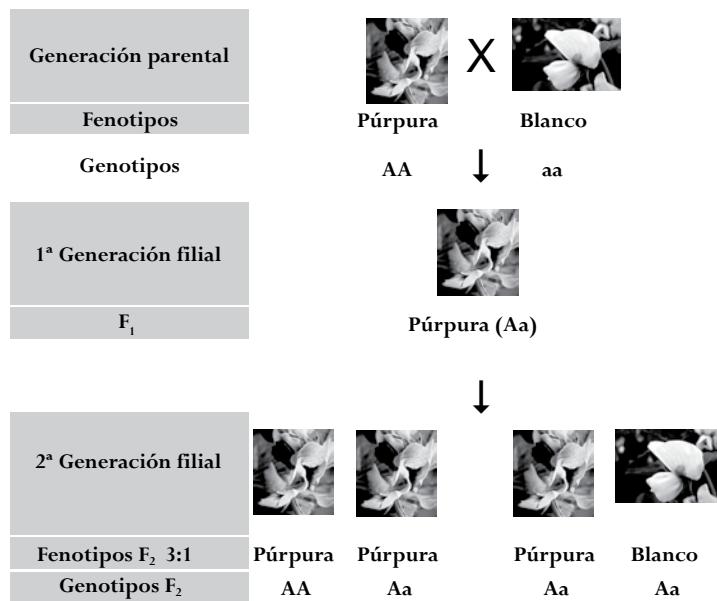
Flor blanca: a

Las letras representaban lo que Mendel llamó “partículas hereditarias”. Hoy los conocemos como *Genes* y sabemos que están constituidos por el *ADN*. Si el rasgo “flor blanca” que desapareció en la F1 había reaparecido en F2 era obvio pensar que las plantas de flor púrpura del primer cruce debían portar los dos componentes genéticos *A* y *a* aunque solo se expresara uno de ellos. En general, toda planta debía tener entonces una pareja de estos componentes. De la misma manera la planta de flor blanca debía ser obligatoriamente *aa* ya que al tener

al menos una *A* sería de color púrpura. Finalmente, las líneas puras debían ser *AA* (púrpura) y *aa*.(blanca). Aunque todo organismo debía tener dos componentes hereditarios para cada rasgo estudiado era posible pensar en que hubiese mas formas alternas del mismo gen en la población de individuos. Imagine que la flor de la arveja pudiese ser de otros colores alternativos al blanco y al púrpura. Deberíamos entonces usar una letra diferente para cada color.

Volviendo a nuestro caso, se trata de un solo gen con dos variantes posibles: El gen para el color de la flor y las variantes: color púrpura y color blanco. A cada forma variante de un gen, hoy la llamamos *alelo*. Para nuestro ejemplo, *A* y *a* son alelos del gen del color del flor de la arveja.

Una segunda deducción obvia de Mendel, responde a la pregunta: ¿Cómo llegaron los dos componentes hereditarios *Aa* a las plantas F1 cuando los individuos parentales portaban solo *AA* y *aa*? Necesariamente tenía que ser a través de los gametos o células sexuales de la planta: el grano de polen y el óvulo de la flor que Mendel manipuló. Mendel pensó que cada célula sexual debía portar un solo alelo en el momento de la *fecundación*. Así, el individuo *AA* de alguna manera “repartía” sus parejas de alelos en sus células sexuales y cada una de ellas contenía una sola *A*. Lo mismo debía sucederle al individuo *aa* quien generaría gametos solamente con el alelo *a*. Con este análisis podemos reconstruir gráficamente el experimento de Mendel:



En conclusión Mendel propuso: Los dos alelos de un mismo gen se segregan (se separan) cuando los individuos forman sus gametos. Este proceso es conocido como **meiosis**, un mecanismo de reproducción de las células que se da exclusivamente en los órganos sexuales (**gónadas**) del individuo y que conlleva a la generación de gametos (ovulos o espermatozoides o granos de polen) véase mas adelante.

Un individuo generará entonces un solo tipo de gametos (**A**) si se encuentra en **condición homocigota**, es decir si sus células tienen el genotipo **AA**, alternativamente generará gametos (**a**) si es un homocigoto **aa**. Ahora si los dos alelos del gen en el individuo son distintos (**Aa**) lo cual se conoce como **condición heterocigoto**, podrá generar dos tipos diferentes de gametos en igual proporción: El 50% llevarán el alelo **A** y el 50% el alelo **a**.

Ya hemos dicho que Mendel no conocía la estructura bioquímica de los genes, actualmente sabemos que los rasgos de un individuo están codificados por sus genes. Cuando nos referimos a sus rasgos hablamos del fenotipo y al referirnos a sus genes, empleamos letras o números como lo hizo Mendel y hablamos del **genotipo**. Así, podemos decir que para el gen del color de la flor, conocemos tres posibles genotipos: dos homocigotos y un heterocigoto. Este último concepto es de amplio uso en las pruebas genéticas.

En el momento de la fecundación, los gametos masculinos y femeninos se aparean aleatoriamente generando diversas combinaciones de parejas alélicas posibles, por ejemplo:

Si los padres son ambos homocigotos: **AA x AA** generarán solo gametos que llevan alelos **A** (ovulos **A** y espermatozoides **A**) al producirse la fecundación, solo habrá una posibilidad de unión: **A** con **A**, así que toda la descendencia será igual a sus padres en este gen. Si uno de los padres es homocigoto y el otro heterocigoto: **AA x Aa** se generarán solo gametos **A** para el primero y gametos **A** o **a** para el segundo. Así, en la fecundación, habrán dos posibilidades de unión: **A** con **A**, o **A** con **a**.

Finalmente si los dos son heterocigotos como en el caso del segundo experimento mendeliano **Aa x Aa**, Cada progenitor generará dos tipos de gametos **A** y **a** y ahora las combinaciones genotípicas posibles son 4: **AA, Aa, aA y aa**. Las tres primeras comparten el mismo fenotipo y la última es diferente.

Las teorías de Mendel no fueron de interés para su época, solo hasta 40 años mas tarde sus ideas fueron redescubiertas (**Ref 2**). y actualmente nadie duda de su validez

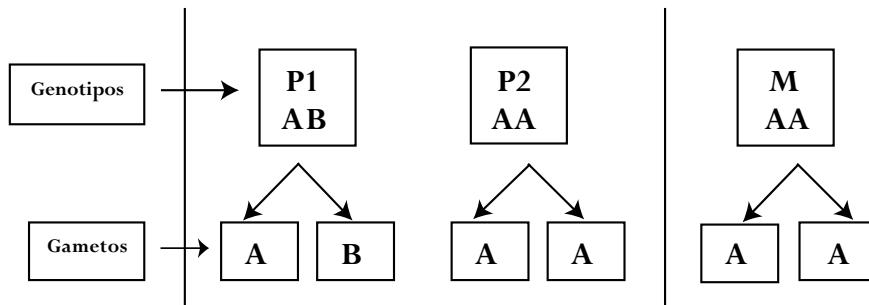
APLICACIÓN DE LAS LEYES DE MENDEL A LOS CASOS DE PATERNIDAD

Los principios que acabamos de revisar, son los mismos que debemos conocer para interpretar los resultados de una prueba de ADN en la investigación de la paternidad. Para hacer este ejercicio, vamos a suponer que analizamos el mismo gen en un caso en el cual hay dos presuntos padres (P1 y P2), la madre (M) y el hijo (H).

Aplicando lo que hemos visto, un gen tiene 2 alelos que pueden encontrarse de forma homocigota o heterocigoto en un individuo. Los siguientes son los genotipos de cada persona estudiada:

P1	P2	M	H
AB	AA	AA	AB

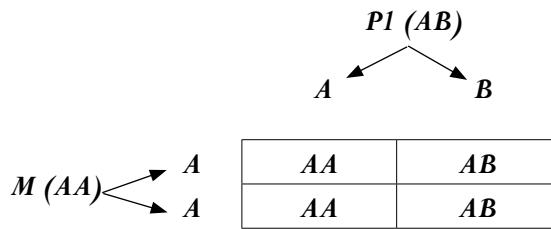
Según Mendel, las parejas de alelos se segregan a las células sexuales de los padres para transmitirse a los hijos. Veamos cuales serían los posibles gametos que puede generar cada progenitor:



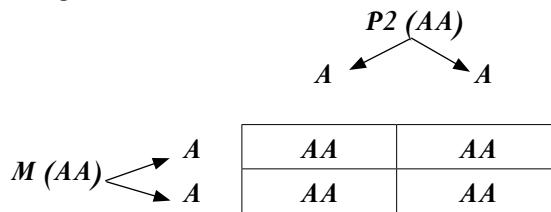
Ahora bien, siguiendo las enseñanzas de Mendel, los gametos pueden combinarse aleatoriamente entre ellos así que solo resta escribir todas las uniones posibles entre gametos masculinos y femeninos suponiendo que el padre biológico sea P1 o P2:

Si los padres son P1 y M hay dos opciones de hijos posibles: **AA** y **AB**. Utilizaremos un cuadro de coordenadas para visualizar mejor la unión de los gametos. En el exterior del cuadro escribimos los genotipos y los gametos de cada progenitor y en el interior escribimos el genotipo de cada hijo posible cruzando un gameto masculino (columnas) con el correspondiente gameto femenino (filas).

PARTE II



Ahora, si suponemos que P2 y M son los padres biológicos de H, todos sus hijos serían obligatoriamente homocigotos (AA), ya que ambos padres son homocigotos:



Con lo anterior puede observarse que un hijo con el genotipo **AB** como el de nuestro caso, solo puede provenir de P1 y M ya que no dudamos que el alelo **A** lo heredó de su madre y por lo tanto debió heredar el alelo **B** de su padre biológico. El presunto padre P1 si tiene el alelo **B** y por lo tanto no podemos excluirlo aún como padre biológico. P2 no posee el alelo **B** y quedaría excluido de la paternidad.

Usted podría en este momento imaginarse otros posibles tríos de paternidad e intentar hacer la segregación de alelos de los padres y concluir si los presuntos padres se excluyen o no de la paternidad biológica. Podemos utilizar cualquier pareja de letras para representar los alelos de un gen. Complete los espacios en blanco:

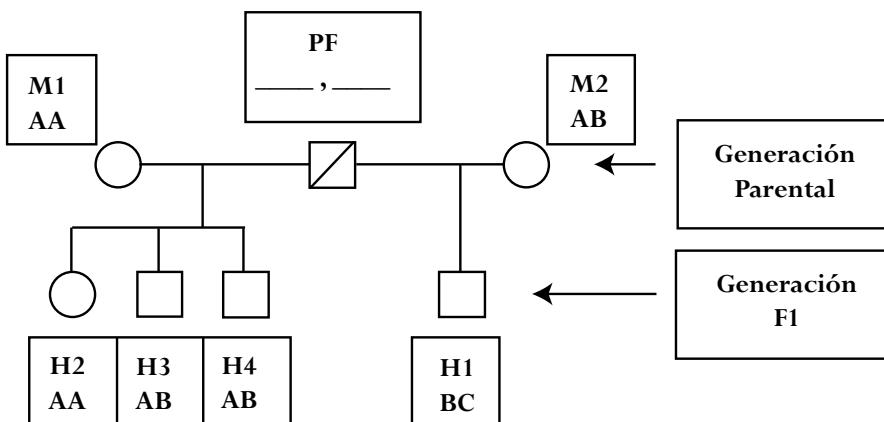
	CASO 1			CASO 2			CASO 3			CASO 4		
Genotipos del trío	P	M	H									
	AC	BC	CC	BB	BB	BB	AD	BC	AD	AB	AB	AB
Gametos que produce cada progenitor	P:			P:			P:			P:		
	M:			M:			M:			M:		
Posibles hijos de la pareja												
Conclusión sobre la paternidad												

Un ejercicio complementario nos permite integrar mejor el mecanismo mendeliano, veamos:

DEDUCIENDO LOS GENOTIPOS DE UN PRESUNTO PADRE FALLECIDO

Aunque no contemos con el genotipo del presunto padre fallecido, es posible deducirlo a partir de sus familiares disponibles. Una situación común en las demandas de paternidad con reclamación de herencia es aquella en la que existe un hijo extramatrimonial y varios hijos del matrimonio. Comparando estos últimos con su madre puede construirse fácilmente la pareja alélica que debió tener el fallecido aplicando las leyes de Mendel.

Deduzca los alelos que deben corresponderle a PF a partir de los hijos del matrimonio H2, H3 y H4 y su madre M1 y determine si el difunto PF puede ser el padre biológico de H1 (presunto hijo extramatrimonial).



Conclusión: _____

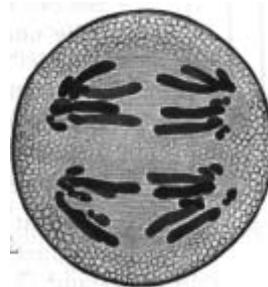
Que sucedería si usted analiza un cuarto hijo del matrimonio (H5) y encuentra que su genotipo es AC?

CROMOSOMAS, GENES Y ALELOS

Nos hemos transportado en el tiempo, al pensamiento que dio origen a la genética en el siglo XIX. Las teorías de la herencia y la evolución se construyeron sobre lo que los académicos de la época tenían como evidencia de los fenómenos

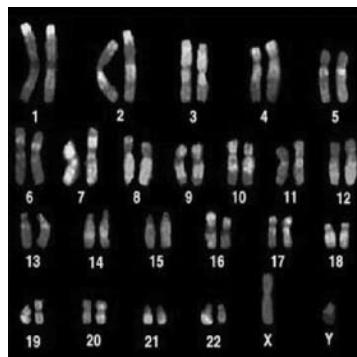
naturales: los rasgos fenotípicos expresados por los organismos. Para esta época el pensamiento biológico ya había transcurrido el penoso camino de piedras sueltas del preformismo. Ya las ideas mendelianas encajan con naturalidad en la teoría de que los dos sexos aportan por igual su información genética al embrión humano y en general a todos los organismos que viven del mecanismo sexual. Ya no teníamos en mente a la mujer como receptora pasiva de la simiente masculina en el que todo órgano venía ya preformado. El sexo femenino había pasado de ser simple tierra fértil a generar un aporte equitativo con el varón para la construcción de un hijo. Así que los dos componentes alélicos de Mendel tienen un origen que ya no ofrecería ninguna resistencia de opinión, uno es materno el otro paterno.

Ya lo hemos dicho antes: para la época en que Mendel realiza sus experimentos no contábamos aun con un sustrato físico y observable de la herencia ni mucho menos se vislumbra el soporte bioquímico de sus ideas. Casi 10 años después de su publicación, las células en división fueron observadas al microscopio y con el uso de tintas colorantes, Wilhelm Waldeyer en 1888 informó haber visto cuerpos coloreados o **cromosomas** dentro de los núcleos celulares que podían organizarse en parejas haciendo caso a su forma y su tamaño. (**Ref 2**). Además, se hizo evidente que todas las células corporales de los individuos (**células somáticas**) mantienen el mismo número de cromosomas en cambio las **células sexuales** (óvulos y espermatozoides) mostraban exactamente la mitad del número. Ya Boveri, T. en 1887 había observado que los cromosomas de las células corporales son descendientes directos de los cromosomas del huevo fecundado (**Ref 2**).

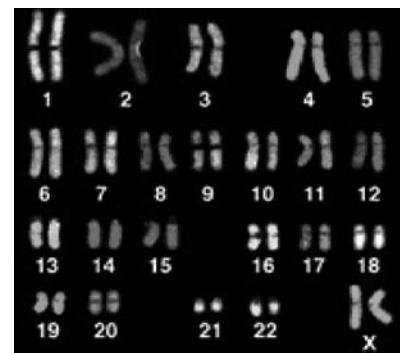


Será posteriormente, en 1956 cuando Tjio y Levan demostraron que las células somáticas humanas tienen 46 cromosomas, que pueden ordenarse por su forma y tamaño en 23 parejas, desde el par 1 al par 22 los cromosomas se llaman somáticos o **autosomas**. El par 23 varía si se trata de una célula somática del hombre o de la mujer: En el varón estos cromosomas se llaman X y Y y en la mujer

son X y X. Así podemos verlos actualmente bajo el microscopio de fluorescencia y es posible diferenciarlos con exactitud:



Cariotipo masculino



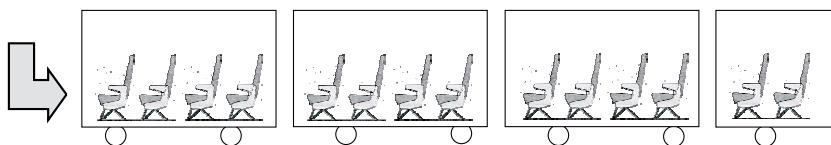
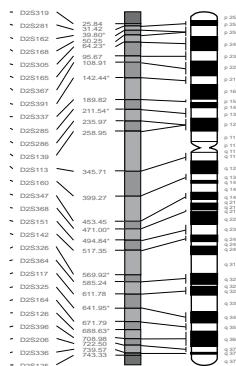
Cariotipo femenino

Resumiendo, si los cromosomas se formaban durante la reproducción de las células, si cada sexo en la fertilización aportaba un mismo número de cromosomas, si cada célula somática mostraba parejas de cromosomas cuyos miembros provenían de cada progenitor, eran entonces los cromosomas las estructuras celulares mas posiblemente relacionadas la transmisión de la información de los genes. Hoy sabemos que los cromosomas son los vehículos de segregación de los genes. (**Ref 5**).

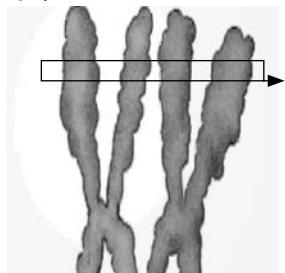
En la siguiente secuencia de imágenes veamos la historia de una pareja de alelos de un gen específico asociados a un cromosoma en particular. Intento que usted reconozca los principios mendelianos y los mecanismos por los cuales es posible copiar y mantener el número de cromosomas entre una y otra generación y pueda así, realizar inferencias sobre la utilidad de las pruebas genéticas.

Sobre un cromosoma se localizan muchos genes arreglados en fila como los asientos de un tren de pasajeros. Observe el mapa de genes localizados sobre el cromosoma 11 humano en la imagen de la izquierda.

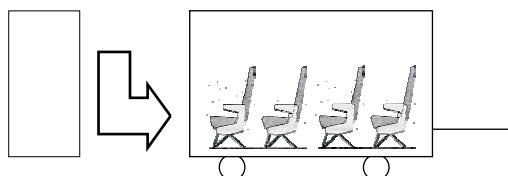
PARTE II



Un sitio específico en la pareja de cromosomas se conoce como ***locus cromosómico***. Y lo usamos para establecer la posición de un gen en un sitio de un cromosoma particular. Del mismo modo que se establece el orden de los puestos en el tren.

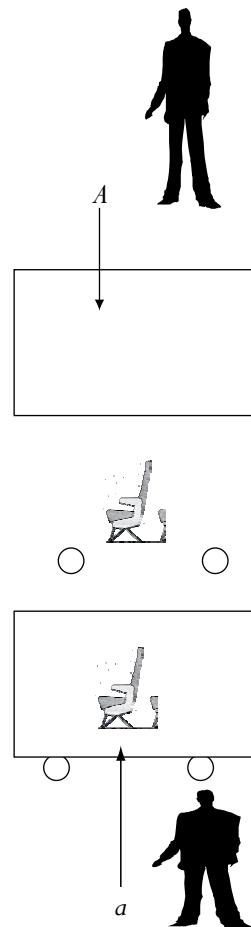
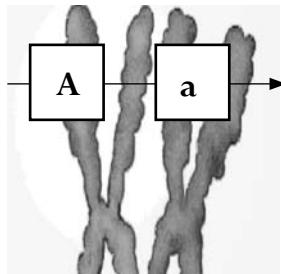


1 2 3 4...



Aplicando lo que nos enseñó Mendel, asignémosle una letra a cada uno de los dos alelos de un gen (cada alelo del mismo gen ocupa el mismo locus en cada

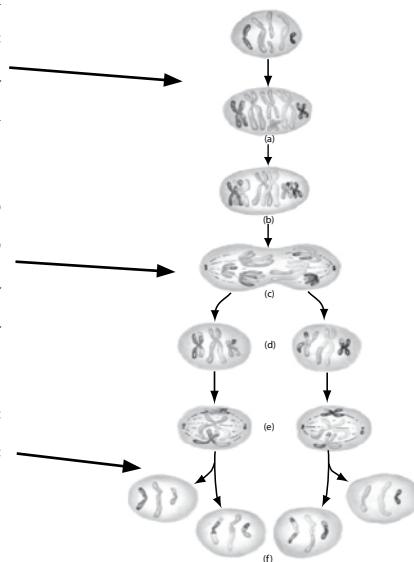
cromosoma de la pareja) al igual que dos pasajeros asignados a la misma silla en dos trenes gemelos.



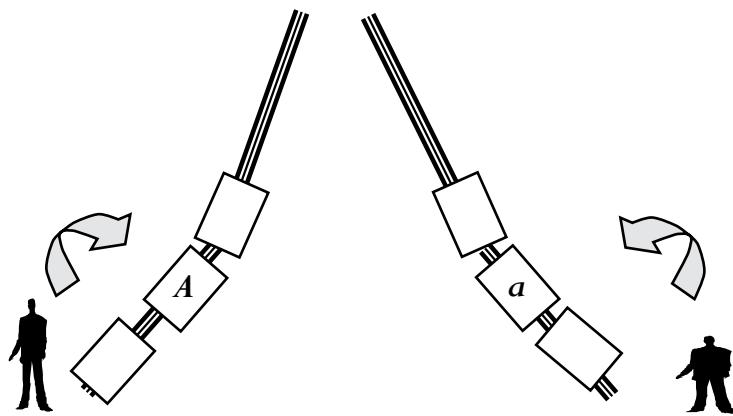
COMO SE REPRODUCEN LAS CÉLULAS: LA MEIOSIS

Ahora bien solo resta que el tren comience su viaje. Se trata de un viaje particular pues se trasportará en el tiempo, mas exactamente entre dos generaciones. No perdamos de vista el locus mencionado antes y observemos los alelos *A* y *a* que viajan en el. La meiosis es un mecanismo de reproducción de las células somáticas localizadas en las gónadas en la mujer y en el hombre, por el cual se forman células sexuales (espermatozoides u óvulos) reduciendo el número de cromosomas a la mitad.

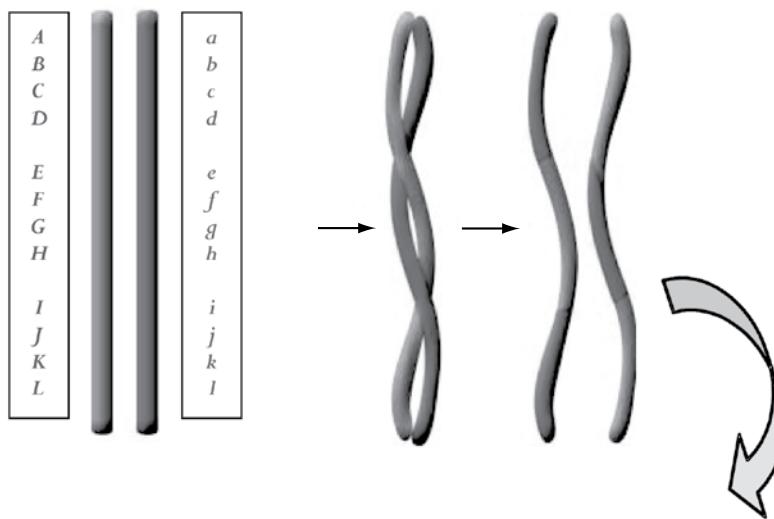
1. Localicémonos en las gónadas de un individuo (hombre o mujer). Observe que hay 6 cromosomas en la célula que va a dividirse. (recuerde que el humano tiene 46 cromosomas)
2. Los cromosomas se han organizado por parejas de igual forma y tamaño y cada uno es arrastrado a cada una de las 2 células hijas, en una primera división celular.
3. Nuevamente los cromosomas se dividen longitudinalmente y se reparten ahora a 4 células hijas. Observe que solo hay tres cromosomas en cada hija.



Si usted le sigue el recorrido a la pareja de cromosomas durante la meiosis, observará que cada alelo termina separado (segregado) del otro en un cromosoma que ahora hace parte del contenido genético de una célula sexual. Es como si, los dos trenes gemelos hubiesen tomado caminos diferentes y cada uno transportara a uno de nuestros pasajeros.



En la meiosis temprana sucede un evento interesante que afecta la diversidad de la descendencia de una pareja. Consiste en la posibilidad de que algunos fragmentos cromosómicos se intercambien entre los dos cromosomas de la pareja intercambiando al tiempo los alelos contenidos en ellos. Como este evento sucede antes de la separación de los primeros cromosomas el resultado es que a algunas células hijas llegan cromosomas “mezclados” con alelos que antes no tenían. El proceso se llama **recombinación** o **entrecruzamiento**. Volviendo a nuestro tren, es como si los trenes gemelos, en la mitad del viaje, intercambiaron algunos vagones con sus pasajeros adentro. Imagine la confusión de estos al llegar a su destino.

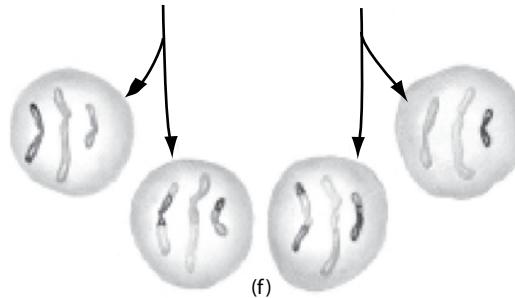


Nuestro tren original resultaría algo modificado:

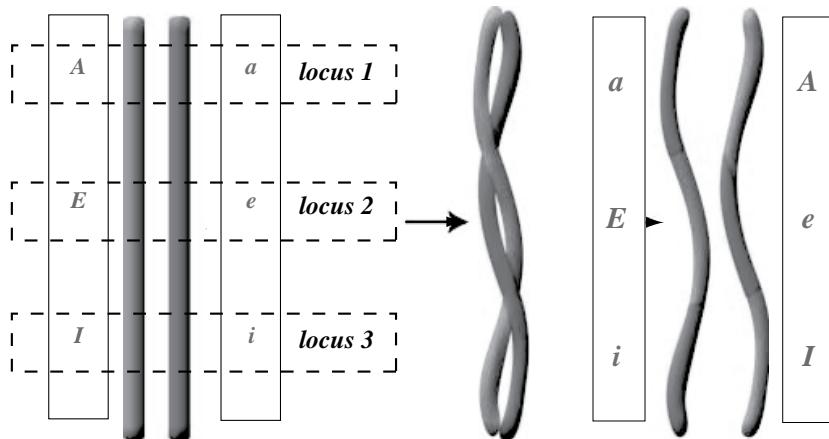


A B C D e f g h I J K L

Ahora, volvamos a la figura que representa la meiosis. Observe los 4 tipos de gametos que se han formado; en su interior encontrará los distintos cromosomas que resultan del proceso de entrecruzamiento. Imagine todas las opciones que tiene este individuo para generar descendientes diferentes, dado que ha combinado información genética proveniente de sus linajes paterno y materno durante la meiosis. Para entender mejor el mecanismo de entrecruzamiento de fragmentos cromosómicos en la meiosis y cómo este genera diversidad, es conveniente representar sobre los cromosomas la segregación de algunos genes vecinos localizados en segmentos alejados o cercanos en el mismo cromosoma (como si habláramos de pasajeros que van en el mismo o en diferente vagón del tren):



Veamos que sucede con tres genes mapeados a lo largo del mismo cromosoma en tres *loci* suficientemente separados uno del otro, en una pareja de cromosomas como una de las que observa en la célula somática madre de gametos que va a sufrir meiosis. Recuerde que si estamos hablando de tres genes, cada uno de ellos está formado por dos alelos y cada alelo viaja en uno de los cromosomas de la pareja:



Se han formado entonces dos cromosomas diferentes y cada uno ellos ocuparán un gameto independiente, ya sea un óvulo o un espermatozoide. Adicionalmente hay gametos que portan cromosomas no-recombinados, con lo cual se incrementa el repertorio de alternativas genéticas. Como dijimos antes, la meiosis permite la formación de gametos en los dos sexos; para concluir piense ahora que tiene varios tipos de espermatozoides y varios tipos de óvulos generados en una pareja de individuos, solo resta que usted juegue a combinar gametos y cuente los posibles *cigotos* que se obtendrían para los tres genes analizados.

EJERCICIO

Supongamos que el hombre de nuestra pareja presenta los siguientes genotipos para los 3 genes que venimos estudiando:

PADRE: *Aa, Ee y Ii*

En su lugar la mujer posee los genotipos:

MADRE: *AA, EE y II*

Debemos aclarar que los 3 genes se encuentran ocupando 3 *loci* suficientemente separados a lo largo del cromosoma, tal como los hemos descrito en las figuras anteriores

Bajo estas condiciones, cuantos gametos diferentes podrá formar cada progenitor durante la meiosis para los mismos 3 genes? En otras palabras, cuantas

y cuales son las combinaciones de alelos que pueden formarse sobre una pareja de cromosomas que han sufrido entrecruzamiento en cada individuo?

Veamos, el padre tiene sobre un mismo cromosoma, los alelos ***A***, ***E*** e ***I*** y los alelos ***a***, ***e*** e ***i*** en el otro cromosoma es decir, es heterocigoto para los 3 genes. Para la madre, los alelos ***A***, ***E*** e ***I*** viajan en un mismo cromosoma y los alelos ***A***, ***E*** e ***I*** en su otro cromosoma, ella es homocigota para los mismos genes.

Si dos cromosomas no sufren entrecruzamiento en ninguno de los padres, los gametos que pueden generar hasta el momento llevarían los mismos cromosomas ya descritos, con los mismos alelos:

GAMETOS DEL PADRE (no recombinados): **A, E, I** y **a, e, i**

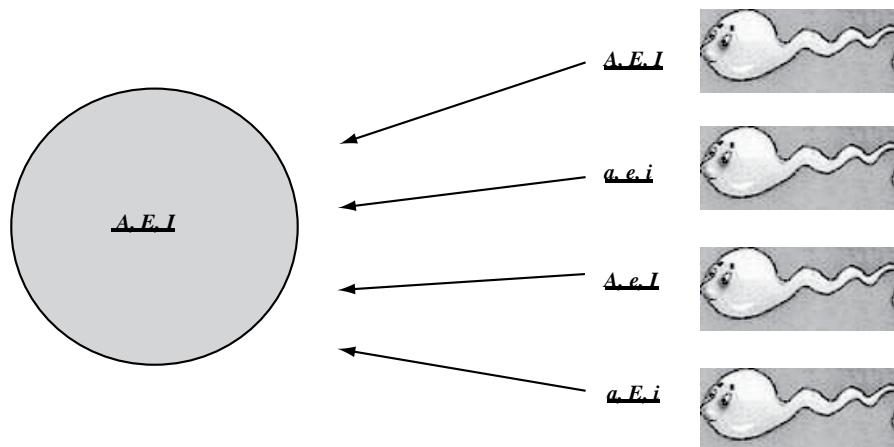
Como la madre es homocigota solo generaría un tipo gamético:

GAMETOS DE LA MADRE: **A, E, I**

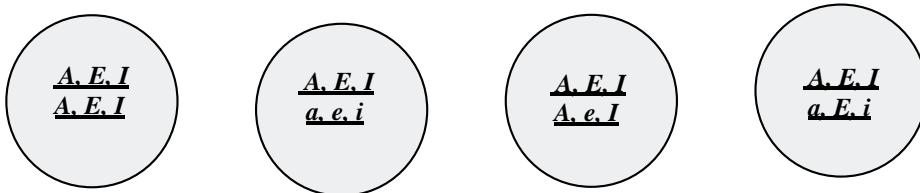
Si adicionalmente, ocurre el entrecruzamiento entre los tres genes, solo el padre generaría otros 2 gametos diferentes:

GAMETOS DEL PADRE (recombinados): ***A, e, I*** y ***a, E, i***

Por lo tanto, en el ejemplo, existen 4 gametos distintos para el padre y uno para la madre.



Los cigotos resultantes serán:



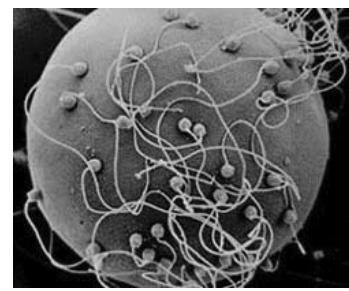
Estas serían también las 4 combinaciones alélicas que podrían tener los hijos de esta pareja. Estos 4 hermanos, aunque seguramente se parecen mucho entre ellos podrán heredar variantes de un mismo rasgo fenotípico que nos permitiría diferenciarlos.

El entrecruzamiento se da entre los genes que están suficientemente separados pero note que de no ser así, los alelos de genes muy juntos en el cromosoma se segregan juntos en un mismo gameto y se conocen como ***genes ligados***. De nuevo el ejemplo del tren nos es útil: Todos los pasajeros de un mismo vagón llegarán juntos a su destino pero si los trenes tienen la posibilidad de entrecruzar vagones, los pasajeros de dos vagones diferentes puede que no terminen en la misma ciudad! Esta demostración nos permite ahora presentar un concepto muy útil en genética forense: Dos genes no ligados, se segregan independientemente a la descendencia. Mas adelante veremos que todos los loci que usamos para identificación de personas deben cumplir con esta condición.

1.3 EL GENOMA HUMANO

EL GENOMA HUMANO SE COPIA FIELMENTE A MILLONES DE CÉLULAS SOMÁTICAS

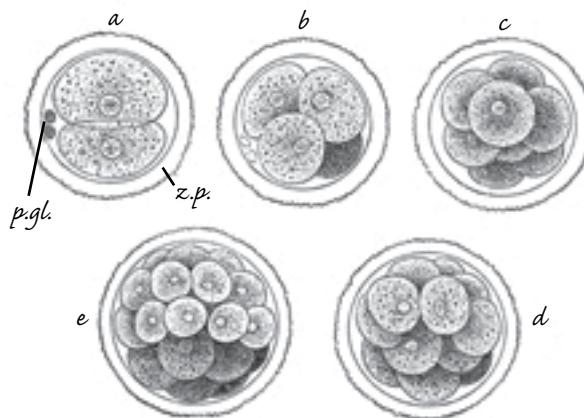
Este momento es muy importante, al ingresar un espermatozoide al óvulo se forma el cigoto, es decir la primera célula del futuro embrión. Rápidamente, el cigoto va a reproducirse formando millones de células descendientes en un proceso nuevo, se llama ***Mitosis***. Esta vez a diferencia de la meiosis, el número doble de cromosomas se mantiene en cada división y



courses.arch.hku.hk/.../students/ckwong1/a3/

todas las células hijas del individuo copian sin mayor cambio la información de los genes de sus células madres.

Las primeras células somáticas tienen la potencialidad para construir todos los tejidos y órganos de un individuo completo se conocen como **Células Madre Embrionarias** y constituyen todo un reto para el Derecho moderno en el sentido de que pueden ser manipuladas con fines médicos o reproductivos, situación que está generando una replanteamiento sobre la libertad del hombre para reprogramar su información genética. (**Ref 19**) Próximamente tendremos que plantearnos preguntas como esta: Tienen Juan y María el derecho a almacenar en el momento del nacimiento células madre del cordón umbilical de su hijo, que puedan ser utilizadas para clonar un órgano que por alguna razón Pedrito haya perdido en su vida? Pudieron pedir que se almacenen algunas células embrionarias separadas del embrión temprano de Pedrito, pensando en que luego de algunos años ellas sean utilizadas para el tratamiento de alguna enfermedad de Pedrito, cuando estas células pudieron haberse implantado en el útero de María y haber nacido un gemelo tardío de Pedrito?



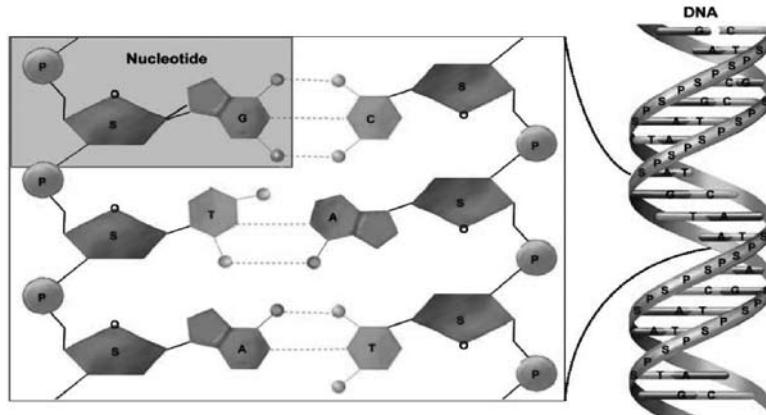
La mitosis genera descendencia idéntica. Si comprendemos esta frase, entenderemos que todas las células del individuo han copiado por este mecanismo la misma información y por lo tanto los espermatozoides de un violador, recuperados en la vagina de la víctima puedan ser comparados en su material genético con una muestra de sangre o de saliva del sospechoso, sin tener que solicitarle un muestra de semen para hacer el cotejo biológico. Debemos esperar que el ADN aislado del semen en la víctima coincida con el ADN aislado de la sangre de Pedro si fue este en realidad el agresor.

Para profundizar sobre los procesos de división celular sugiero la lectura complementaria de textos guía (Ref 5).

EL ADN ES EL MATERIAL GENÉTICO

El capítulo mas reciente de la historia de la genética comienza en el año 1944 en el Instituto Rockefeller. Oswald Avery y su equipo demuestran que la molécula que porta la herencia era el **ADN** (Ácido Desoxiribonucleico) ya que lograba “transformar” bacterias inofensivas en **patógenas**. (Ref 18). Aunque se trató de un descubrimiento trascendental no era suficiente. Había que explicar como el **ADN** mantenía la información en su interior y mas aún, como lograba convertirse en rasgos fenotípicos. Durante los siguientes 12 años se sentarán las bases para responder a estas preguntas. En el año 1953 James Watson y Francis Crick presentan al mundo su modelo de molécula de ADN al que ellos llamaron “La Doble Hélice”. (Ref 17).

Aunque el detalle es mucho mas profundo, se trata de una molécula en forma de doble hilo enrollados en espiral. Se encuentra en todas las células del organismo que tienen núcleo y conserva información idéntica a lo largo de la vida del individuo de la cual podemos hacer uso los forenses para identificar personas.



Es fácil comparar el ADN con una escalera en forma de caracol, principalmente porque podemos entonces resaltar los sitios donde está contenida la información: los peldaños de la escalera. Realmente estas estructuras internas

están constituidas por parejas de moléculas más simples que llamamos **bases nitrogenadas** o mejor **pares de bases (pb)** es fácil recordarlas por sus iniciales **A (Adenina), T (Timina), C (Citosina) y G (Guanina)**. Pues bien, las bases se encuentran dispuestas en fila a todo lo largo de la molécula. Hoy sabemos que existen 3000 millones de ellas en todo el ADN humano.

La invitación es ahora a que usted se imagine el ADN como un gran almacén de información o en otras palabras una gran biblioteca. Podemos construirla a partir de “las letras”: con las 4 bases A,T,C y G podemos formar palabras y frases que leídas directamente no tendrían ningún sentido para nosotros:

.....ATCAAGTGTGAGCGCGCGTATATATTAGCTTAGAGGAGA.....

La magnitud de la información almacenada en el ADN es tal que la anterior **secuencia de bases** puede representar tan solo una pequeña palabra dentro de un gran párrafo que puede contener miles de letras (**Kilobases – Kb**). Si el párrafo tiene toda la “estructura gramatical” requerida, esto quiere decir que cuenta con todas las señales codificadas para la construcción de un rasgo fenotípico podemos decir que estamos ante la presencia de un **Gen**.

.....TAAATATAACATCAAGTGTGAGCGCGCGTATATATTAGCTTA-GAGGAGGTTAGCCACAGTAGACAGATAGCACACAGTTGTGTGGAG-GACCACAAAAAAAAGAGCAGATTGGGACACAGGCCCTTAGA-CAGAGTCGCGCTTAAGAGAGACCCCCGCTGCGATTAGAGACAGTACAGA-TACGGGGGGGGGGTTTTCCCCAGAGAA.....

Estamos hablando de las regiones del ADN relacionadas con los rasgos fenotípicos que estudiaron Darwin y Mendel. El estudio de la secuencia total del genoma humano reveló que existen aproximadamente 35000 genes en el ADN humano. (**Ref 16**). Lo curioso es que toda la información “genética” no ocupa más de un 5% de toda la molécula. La mayor parte de nuestro ADN no es codificante o dicho de otra manera se trata de **ADN no expresivo**. Es decir no se expresa en ningún fenotipo conocido, por lo que alguna vez se le llamó **ADN basura** o redundante y aunque aún no conocemos mucho sobre estas secuencias cada vez se relacionan con funciones celulares más interesantes.

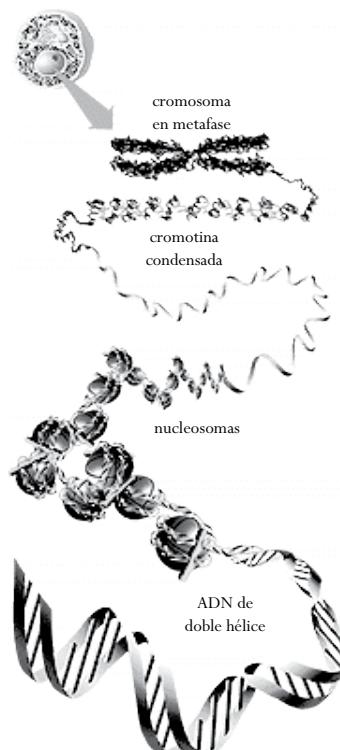
LOS CROMOSOMAS SON LOS TOMOS DE LA BIBLIOTECA

Habíamos mencionado antes que el cromosoma está constituido por ADN. La siguiente imagen nos permite visualizar esta relación. Es bueno tener una idea de la magnitud de la molécula en relación con el núcleo celular donde está aloja. Si pudiésemos aislar el ADN de una célula desenrollándolo de cada uno de los 23 tipos de cromosomas y pudiésemos “pegar” todos los extremos contiguos, se calcula que podríamos formar una doble hebra de aproximadamente 1,5m de longitud. Ahora bien, el núcleo de una célula de la sangre mide cerca de 5 micras (1 micra corresponde a la milésima parte de un milímetro); imagine como puede empacar un hilo de 1,5m en un espacio de 5 milésimas de milímetro? Pues bien, la respuesta está en la estructura de los cromosomas, ellos nos permiten almacenar gran cantidad de ADN. El cromosoma 1, el más grande, se le han detectado cerca de 1200 genes en su interior, en su lugar el cromosoma Y, uno de los más pequeños al parecer contiene cerca de un centenar de ellos.

De esta manera, volviendo a nuestra biblioteca, podemos comparar los cromosomas, con 23 grandes tomos donde está contenida toda la información del genoma humano.

Aunque no es un objetivo de nuestra unidad que merezca profundizarse en esta obra, quisiera que se sentara conmigo unos minutos a leer algunos de estos mensajes genéticos, para contarle de forma muy resumida cómo fluye la información desde el genotipo hasta el fenotipo del individuo: Es probable que en un futuro próximo, las herramientas forenses nos permitan relacionar un genotipo obtenido de un vestigio biológico encontrado en la escena del crimen, con los rasgos faciales del homicida.

EMPAQUETAMIENTO DEL ADN EN EL CROMOSOMA EN METAFASE



<http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/mitosis/cells1.html>

EL DICCIONARIO

Para empezar conozcamos una historia corta: La historia del código genético. El trabajo realizado durante los años 90's sobre el genoma humano nos permitió ordenar todas las 3000 millones de letras que conforman esta gran biblioteca, pero no nos informó de los significados que contenían. Los computadores fueron alimentados entonces con todos estos datos y con ayuda de herramientas informáticas empezamos a descifrar los mensajes contenidos en el ADN. Aunque el trabajo de lectura tiene aún muchos años por delante, no partimos desde cero dado que ya conocíamos el código en que viene escrito: Desde los años 70's varios científicos descubrieron el **código genético**, lo que podría asimilarse con un sencillo diccionario que nos permitió "traducir palabras" de ADN en otro lenguaje molecular muy propio de los seres vivos: **Las proteínas.** (Ref 5). Pues bien, una vez que toda la información del genoma humano estuvo almacenada en los computadores fue posible detectar "palabras claves" entre miles y miles de párrafos que nos descubrían un posible mensaje genético, me refiero a la presencia de un gen. Así, como lo dijimos antes sabemos que en nuestro genoma se alojan cerca de 35000 genes.

QUE HACEN LAS PROTEÍNAS EN NUESTRO ESCENARIO GENÉTICO?

Las proteínas son sustancias más familiares para el público no científico, sabemos que son indispensables en la nutrición y que toda función o actividad humana como el ejercicio muscular, la actividad cerebral, la digestión, la respiración, la reproducción, etc están mediadas por alguna o muchas proteínas. Un ejemplo sencillo de una proteína del cual podemos obtener muchas relaciones útiles es la **melanina**. Esta sustancia es el pigmento responsable del color de nuestra piel, nuestro cabello y nuestros ojos. Ahora usted debe ir pensando en la relación final que quiero enseñarle:

Genotipo vs Fenotipo

Vamos a elaborar una cadena de conceptos que nos permitan entender sus relaciones: el rasgo es el color de la piel, el cabello o los ojos. Todo rasgo está relacionado con la función de alguna o algunas proteínas, en este caso es la melanina. Toda proteína fue fabricada en las células de un tejido u órgano particular a partir de información codificada en una región del ADN: el gen. De

esta manera puede usted observar que la información genética fluye desde el ADN hasta los rasgos fenotípicos pasando por la construcción y funcionamiento de las proteínas. Algun cambio en la escritura del mensaje sobre el ADN (**mutación**) ocasiona un error en la traducción y puede generarse una proteína diferente o simplemente no se genera una proteína útil, con lo cual el individuo pierde el pigmento de su piel. Esta situación clínica se conoce como **Albinismo** el individuo tiene su piel muy clara, el cabello blanco y le molesta la luz ya que no posee tampoco pigmento en su iris lo que imposibilita filtrar los rayos luminosos hacia el interior del ojo. Aunque existen varios posibles daños en el ADN relacionados con esta enfermedad todos son mutaciones en el mensaje original, es decir, la secuencia de bases del en para la melanina ha sufrido un cambio durante la copia que la célula hace de la molécula de ADN antes de la reproducción. Hoy conocemos miles de patologías relacionadas con mutaciones en la información genética. (**Ref 14**).



encarta.msn.com/Skin_Diving.html

EL FUTURO DE UNA MUTACIÓN: VARIACIÓN DEL GENOMA A NIVEL POBLACIONAL

Empezamos esta historia hablando de diversidad entre los organismos y mencionamos las razones por las cuales Darwin explicaba las diferencias entre individuos de una población. Luego hablamos de cómo durante la reproducción las variantes alélicas de los genes se combinan en el mismo individuo durante la meiosis y se vuelven a combinar en la fecundación reuniendo al azar parejas alélicas dependiendo de los genotipos paternos que participan.

Existe entonces un amplio nivel de variación en los rasgos fenotípicos pero mas aún, existe un muy amplio repertorio genético en el ADN que produce mucha mas diversidad. Un gen o un segmento de ADN no génico pueden estar afectados por la mutación, generando entre una y otra generación nuevas variantes alélicas. Ahora bien podríamos preguntarnos cual es el futuro que tiene una mutación? Toda mutación implica un daño? La respuesta es no!. Los cambios que se suceden sobre el ADN por lo general son aleatorios, pueden afectar ADN expresivo o No expresivo, en el primer caso el cambio en la información puede generar una proteína diferente a la esperada, pero aun así, puede que no haya ninguna

consecuencia para la salud del individuo, es mas, también existe la posibilidad de que el cambio mejore una función determinada y genere una variante nueva mas exitosa que la ancestral. Este es mecanismo de la evolución; de hecho, de no haber posibilidad de cambio en el genoma, de no haber mutación posible en el ADN no existiría la evolución y seguramente tampoco existiría la vida. En el segundo caso, si la mutación compromete el ADN no expresivo, no habrá efecto sobre el fenotipo del individuo y podrían acumularse muchas variantes de secuencias de ADN a lo largo del tiempo evolutivo.

En general si no existe una función anormal o desventajosa para el individuo que posea una mutación determinada, esta constituye una variante nueva que puede ser heredada a sus descendientes y con los años podemos observarla ya en muchos individuos de la población.

En un solo individuo solo podremos observar un máximo de 2 variantes alélicas por cada locus, pero si estudiamos el mismo locus en una población de personas podremos encontrar más variantes. Un locus que posee dos o mas alelos en frecuencias suficientemente altas para ser detectados en un muestreo de la población se le llama polimórfico. En general un locus genético es polimórfico si la variante alélica de menor proporción presenta una frecuencia superior al 1% entre los demás alelos detectados. (**Ref 7**).

En este punto es necesario observar la variedad de individuos o genotipos posibles que pueden generarse a partir de un número de alelos en particular: Si el locus tiene 2 alelos, **A** y **B** podremos encontrar en un número suficientemente amplio de personas, tres posibles genotipos: **AA**, **AB** y **BB**. Si el locus es trialélico: tiene alelos **A**, **B** y **C** podrán generarse entonces 6 tipos de combinaciones binarias posibles: **AA**, **AB**, **AC**, **BB**, **BC** Y **CC**, si se trata de un locus tetra-alélico, podríamos encontrar un máximo de 10 genotipos diferentes.

LOS POLIMORFISMOS DE ADN GENERAN VARIANTES PRÁCTICAMENTE INDIVIDUALES

Las variantes que pueden detectarse a nivel del ADN son muchas y muy informativas ya que como hemos dicho antes, la molécula de la herencia es susceptible a la mutación y por lo tanto ha sido blanco de millones de cambios a lo largo del tiempo evolutivo. Muchos de estos cambios se van heredando entre generaciones, repitiéndose en varios individuos con lo cual se hacen detectables en la población y puede estimarse su frecuencia. Estas regiones del ADN que poseen tales características se conocen como **polimorfismos** y son los objetos de estudio de la genética forense, como veremos mas adelante.

MICROSATÉLITES O STR`S (SHORT TANDEM REPEATS)

Si usted lee el ADN en una secuencia suficientemente larga de bases, es muy probable que observe en varios sitios del texto, palabras cortas (formadas por 2 a 6 bases) que aparecen repetidas sin interrupción, ellas se conocen como *Microsatélites o STR`s. (short tandem repeats)* (Ref 2). veamos un ejemplo utilizando una palabra de 4 bases: ***TTTA***

...ATGAATCGTAG TTTA TTTA TTTA TTTA TTTA GTAGGACTGGT...

En el laboratorio forense es posible analizar en detalle estos “fragmentos tartamudos” y contar cuantas veces se encuentra repetida la secuencia: ***TTTA***. Este número varía entre los individuos generando fragmentos de ADN que se pueden detectar en el laboratorio por la diferencia en su longitud.

El individuo del ejemplo porta una molécula donde se observan 6 repeticiones del tipo ***TTTA***; Como ya sabemos, el mismo locus debe estar presente en los dos cromosomas del mismo par, por lo tanto debemos encontrar la misma secuencia en el otro cromosoma, pero es posible que varíe en el número de repeticiones.

...ATGAATCGTAG TTTA TTTA TTTA TTTA TTTA GTAGGACTGGT...

...ATGAATCGTAG TTTA TTTA TTTA TTTA GTAGGACTGGT...

Solo con contar cuantas veces se encuentra repetida la palabra ***TTTA***, podemos construir el genotipo del individuo en ese locus. Para nuestro ejemplo se llamaría ***4 / 6*** (el orden de los números no es relevante). Cada número representa a un alelo microsatélite.

Imagine que esta ante una investigación de un delito sexual. Usted tiene como elemento de prueba una mancha de semen obtenido en la víctima y cuenta con un sospechoso del crimen. El análisis genético reporta que tanto el semen como el sospechoso tienen el mismo genotipo ***4 / 6*** en el locus que venimos estudiando. La pregunta mas inmediata que haría la defensa del sindicado sería: Que tan frecuente es el genotipo ***4 / 6*** en la población? El genetista puede responder con una de las siguientes frases: Este genotipo lo hemos observado en el 50% de la población, o, el genotipo coincidente tiene una frecuencia de 0,5, o el genotipo lo posee uno de cada dos personas en la población. Como usted

podrá ver son tres enunciados equivalentes a partir de los cuales seguramente el defensor argumentará que existe muy poca certeza de que el semen provenga del sospechoso ya que existen muchos hombres que tienen este genotipo en la población.

La situación se parece mucho a la de encontrar en una universidad a un estudiante que viste un jean azul, ya que se trata de una prenda muy común entre los jóvenes. Usted entenderá que un solo rasgo como este no nos permite individualizar a quien buscamos. Pero si sabemos que el estudiante que buscamos posee también zapatos blancos, camisa blanca y chaqueta de cuero, usa lentes y tiene barba y bigote, ya serán pocos los que puedan reunir las 7 condiciones. Si encontramos a un estudiante con esta descripción es mas probable que se trate del que estamos buscando.

El ejemplo anterior no difiere del análisis de los polimorfismos del ADN en el caso criminal. Cada rasgo o prenda que buscamos en el estudiante se asimila a cada locus que analicemos en la evidencia y en el sindicado de la violación. Si el sospechoso coincide ya no con uno si no con los 7 genotipos de los 7 loci analizados, la probabilidad de que el semen se haya originado en él es muy alta y siempre dependerá de la frecuencia de cada genotipo en la población. Al leer estos conceptos, Usted ya habrá inferido que para poder analizar una coincidencia de genotipos en una investigación judicial es indispensable referirnos a una población humana determinada donde cuantificamos la frecuencia de los genotipos encontrados. Surgen entonces seguramente interrogantes adicionales: Como se calcula la frecuencia de un genotipo en una población? Que variables poblacionales pueden afectar este cálculo? Como se selecciona una población de referencia forense? En el numeral 1.4 vamos a trabajar estos problemas.

MICROSATÉLITES DEL CROMOSOMA Y: UN MARCADOR DEL SEXO MASCULINO

Veamos algunas estadísticas: La mayoría de las víctimas del conflicto armado y la mayoría de los desaparecidos en nuestro país son hombres. Las estadísticas de criminalidad en todos los países vinculan al varón con los crímenes violentos, tanto en el papel de agresor como en el de víctima. Más del 90% de homicidios y mas del 99% de los delitos sexuales en el mundo son cometidos por hombres, (**Ref. 9**) el 92% de los reclusos colombianos condenados por diversos delitos en los últimos 40 años son también hombres, como lo son también la totalidad de los mas de 10000 individuos acusados de paternidad irresponsable en Colombia cada año.

El escenario anterior supone que si se cuenta con una herramienta pericial dirigida a identificar víctimas o agresores del sexo masculino, ella constituiría una ayuda muy significativa en los laboratorios de genética forense. Existe un marcador natural del sexo masculino que es el Cromosoma Y; en él es posible detectar polimorfismos de ADN de diferentes tipos. Entre ellos destacamos los microsatélites o STR-Y.

Recuerde que el cromosoma Y no tiene un *cromosoma homólogo* en el núcleo para hacer pareja. Todos los loci presentes en el cromosoma Y tendrán por lo tanto un solo alelo y además, con excepción de unas pequeñas regiones en los extremos del cromosoma, no existe recombinación con alelos de otro cromosoma. Por estas razones, los genes del cromosoma Y se heredan en bloque del padre exclusivamente a su hijo varón constituyendo lo que llamamos un *haplotipo*. Por lo tanto, la variación que se observa entre diferentes cromosomas Y de una población resulta casi exclusivamente de las mutaciones que puedan ocurrir .

El hijo hereda las mismas variantes de ADN del cromosoma Y que porta su padre, y las compartirá con sus hijos y hermanos varones, sus tíos paternos, su abuelo paterno, etc. De esta manera, el cromosoma Y se constituye como un *marcador de linaje* y se hereda de un modo similar al apellido paterno en muchas sociedades. A pesar de la falta de recombinación y teniendo en cuenta el tipo de herencia del cromosoma Y este marcador forense es de gran utilidad en la investigación criminal y en la identificación de personas.

Una situación común en nuestro medio es la del desastre masivo provocado, como observamos con frecuencia en el conflicto bélico colombiano, donde la mayoría de las víctimas son hombres. Si se cuenta con familiares varones de las víctimas y con la información que permita descartar los posibles parentescos entre ellos, el cromosoma Y permitirá detectar la “marca paterna” que identifique a los combatientes.

En otras ocasiones, es posible además recuperar evidencia en la escena del homicidio o del delito sexual relacionada con el agresor. Particularmente, los delitos sexuales son un buen campo de aplicación de estos marcadores de linaje. Si se recupera un haplotipo de STR-Y a en el semen encontrado en la víctima y este no coincide con el del sospechoso, podríamos excluirlo como el origen de la muestra. Lo mismo podríamos hacer cuando el haplotipo del acusado de la paternidad no coincide con el supuesto hijo varón. Imagine también la utilidad de estos marcadores en casos de paternidad con presunto padre muerto o desaparecido. La condición para realizar la prueba es que el hijo reclamante sea varón; de ser así podrá compararse con otros varones de la familia paterna siempre que pertenezcan al mismo linaje parental. El haplotipo del reclamante deberá coincidir

con el de los hermanos, padre, abuelo o tíos del causante, para no excluirlo de la paternidad.

Casos más complejos, donde nos interesa determinar si el semen recuperado como evidencia pudo haberse originado en varios sospechosos pueden resolverse con el estudio del Cromosoma Y. La presencia de mas de un alelo en uno o en varios loci STRs de Cromosoma Y nos informa que existe necesariamente mas de un haplotipo masculino en la víctima y confirma cual es el número mínimo de atacantes.

ADN MITOCONDRIAL

El análisis del ADN Mitocondrial (ADN Mt) también ha demostrado ser una valiosa herramienta en la investigación forense particularmente en el análisis de muestras biológicas con un alto nivel de degradación como sucede en el estudio de restos óseos entre otros. (**Ref. 33**) Es una molécula de ADN mucho mas corta que el ADN nuclear tiene solo 16569 pb y toma su nombre del organelo celular que lo contiene: La Mitocondria.

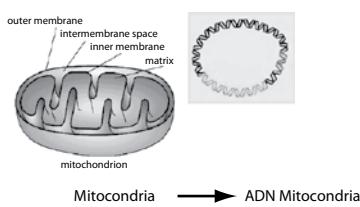
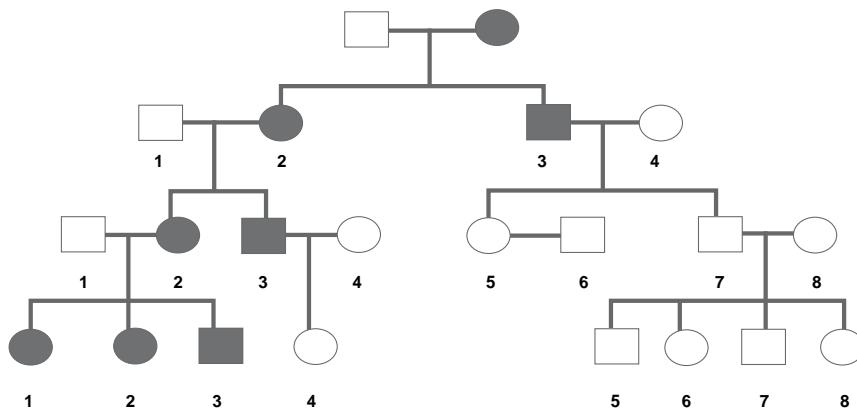


Fig.. ADN Mitocondrial

Es heredado exclusivamente a través del óvulo materno y puede considerarse como un locus simple debido a que, como lo mencionamos para el cromosoma Y, no sufre recombinación como sucede con los genes nucleares. Por esta razón, excluyendo la posibilidad de mutación, todos los parientes, hombres y mujeres relacionados con el mismo origen materno deben portar la misma secuencia de ADN Mt y por lo tanto no puede ser usado como análisis único para la identificación individual. (**Ref. 8**) Sin embargo, este modo de herencia es de gran utilidad ya que los parientes relacionados por la misma vía materna pueden servir como muestras de referencia para ayudar a la identificación de restos humanos.



Árbol familiar que indica el modo de herencia materna del ADN Mt.

Los cuadros y círculos en rojo indican a las personas que han heredado el mismo ADN Mt. obsérvese que los hombres no heredan su ADN Mt.

Por otra parte, como se mencionó antes, hay dos copias del genoma nuclear (ADNn) por célula. En su lugar hay cientos de copias del genoma mitocondrial en cada mitocondria y como existen muchas mitocondrias por célula entonces se encuentran miles de copias de la misma secuencia de ADN Mt en una misma célula. Por esta razón es más probable que el análisis de ADN Mt sea exitoso en muestras con muy bajas concentraciones de ADNn como el cabello; aun así esta propiedad también genera un riesgo importante de que la muestra analizadas pueda contaminarse con ADN Mt foráneo por lo cual deben tomarse extremas precauciones tanto en la escena del crimen como en el laboratorio.

Aunque el genoma mitocondrial posee un escaso número de genes y casi ninguna secuencia de ADN no expresiva, posee también una zona conocida como **Región Control** en la cual se ha detectado una secuencia altamente polimórfica llamada **D-loop (Asa de desplazamiento)**. A la fecha, se han observado miles de secuencias diferentes para la región “D-loop” del ADN Mt reportadas en las bases de datos de diferentes poblaciones del planeta. El **D-loop** consiste en una secuencia de cerca de 700 pares de bases (pb) que se comparan entre individuos presuntamente emparentados por el linaje materno. Este cotejo, permite detectar en ellos los sitios de la secuencia que comparten y que a la vez los diferencian de otros linajes.

Una vez obtenidas las “secuencias de ADN” de la región “**D-loop**” a partir de los restos óseos estudiados y de los familiares de referencia del desaparecido, estas son comparadas con una secuencia internacionalmente aceptada como referente universal. Se conoce como la **Secuencia de Anderson**. ((Ref. 8)) Con respecto a ella se informan solamente los cambios que se observan en una extensión de

cerca de 700pb indicando si se trata de un cambio simple: (*A/T*), una pérdida o **deleción** de una base nitrogenada: (**del T**) o una ganancia o **inserción** de una base: (**ins C**). El análisis se realiza con ayuda de programas de computador que comparan y “alinean” las secuencias problema con la secuencia Anderson.

Las diferencias encontradas se nombran según la posición de la base diferente en la secuencia del **D-loop** así:

16207: G/A

Anderson:

.....TTTCTTGGAAACTCTCCTAGATCACAACTCCCCCTC.....

M01:

.....TTTCTTGGAAACTCTCCTGGATCACAACTCCCCCTC.....

16207

Finalmente, si el conjunto de diferencias con respecto a la secuencia Anderson es el mismo para las muestras problema se reporta la coincidencia entre ellas y se determina el nivel de frecuencia de dicha secuencia en una base de datos de tamaño definido elaborada a partir de individuos de la población donde sucedieron los hechos.

1.4 GENES Y POBLACIONES

LOS GENES EN LAS POBLACIONES HUMANAS

A principios del siglo XX, una vez recuperadas las ideas mendelianas los biólogos empezaron a entender el comportamiento de los genes más allá del contexto de las células y del individuo. Ya imaginamos como se generan nuevos alelos para un gen, conoceremos en los primeros decenios del siglo los efectos fenotípicos de mutaciones en el material genético. Los genetistas van a entender como puede permanecer en el tiempo un alelo mutante nocivo para el humano. Porque las mutaciones que generan enfermedades letales no desaparecen con el individuo afectado? Estos genes recesivos volverán a parecer en próximas genera-

ciones y más aún si existen uniones entre familiares. Algunas comunidades se constituirán como focos de atención de los genetistas; sus creencias religiosas o sus convicciones políticas los obliga a casarse entre miembros de la misma colectividad y será entre ellos donde se observe con mayor frecuencia la aparición de rasgos patológicos que normalmente son muy raros en poblaciones que se aparean de forma más aleatoria.

Esta dimensión del conocimiento de los genes va a permitir entender a Sewall Wright y a G. Haldane que la frecuencia de aparición de un rasgo ya no solo estará determinada por la naturaleza de la información genética, su patrón de herencia o su adaptación con el medio, también será función de la dinámica de apareamiento que sigue una comunidad determinada y del tamaño de su población.

Pues para poder contar los genes y sus alelos, debemos tener en cuenta estos y otros factores poblacionales. Solo así podremos hacernos una idea cercana de cómo se encuentran realmente distribuidos los genes y sus variantes en una población donde ha sucedido un crimen o donde se investigan casos de paternidad irresponsable.

Para presentar el siguiente ejercicio recordemos el problema forense que nos trajo hasta aquí. Caso1: Al estudiar un locus particular en los cromosomas de Pedrito observamos que uno de sus alelos es compartido con María su madre y el otro lo comparte con Juan, quien ha sido señalado como el padre de Pedrito y acusado de irresponsable por María. La pregunta obligada será, que tan frecuente es en la **población de referencia** el alelo que Juan comparte con Pedrito? Ya que de ser este muy común, la coincidencia carecería de importancia porque podríamos estar asignando la paternidad a un falso acusado. Como veremos luego, la certeza del resultado coincidente dependerá de este valor.

Caso2: El estudio de un locus microsatélite realizado sobre una mancha de semen encontrada en la ropa interior de Martha, víctima de violación, demuestra que el genotipo *6/8* es el mismo que tiene Jorge, el sospechoso de haber cometido el crimen. Nos planteamos entonces una pregunta similar: Que tan frecuente es en la **población de referencia** el genotipo *6/8*?

Observe que en el caso de paternidad nos interesa la frecuencia de un alelo compartido y en el caso criminalístico buscamos la frecuencia de un genotipo coincidente. Podemos calcular los dos tipos de valores veamos:

FRECUENCIA DE UN ALELO EN UNA POBLACIÓN

Suponga que estudiamos un locus con 2 alelos *A* y *B* en un pueblo de los Andes colombianos. No contamos con dinero suficiente para estudiar a todos

los habitantes del municipio, afortunadamente, como usted podrá comprobar posteriormente, no necesitamos estudiarlos a todos, solo requerimos tomar una muestra poblacional que represente la historia genética de la comunidad. Pues bien hemos decidido tomar 100 individuos al azar, no emparentados. Al realizarles el estudio de laboratorio encontramos los siguientes genotipos representados:

<i>Genotipos observados</i>	<i>Número de individuos</i>
<i>AA</i>	18
<i>AB</i>	67
<i>BB</i>	15
<i>Total</i>	100

A partir de esta información, es ahora muy fácil determinar que tan frecuente en cada uno de los alelos **A** y **B** veamos:

Usted ya sabe que un individuo homocigoto porta dos alelos iguales y que un heterocigoto tiene un alelo de cada uno. Así, si muestreamos 18 individuos **AA**, ellos reunirán 36 alelos **A** en total. Los 5 individuos homocigotos **BB** reunirán a su vez 10 alelos **B** entre ellos. Por su parte los 67 heterocigotos aportarán 67 alelos **A** y 67 alelos **B** al conteo ya que cada individuo posee uno de los dos tipos alélicos.

Solo resta sumar:

<i>Individuos</i>	<i>Alelos A</i>	<i>Alelos B</i>	<i>Total de alelos</i>	
AA	18	36	0	36
AB	67	67	67	134
BB	15	0	30	30
Total	100	103	97	200

Usted también conoce que cada individuo posee dos alelos por cada gen: uno heredado del padre y otro de la madre. Así, podemos concluir que las 100 personas estudiadas contienen un total de 200 alelos. Al sumar todos los alelos A y B en estos individuos encontramos 103 alelos A y 97 alelos B.

Finalmente podemos presentar estos resultados en términos de *frecuencias alélicas* simplemente dividiendo cada valor por el número total de alelos en la muestra:

$$\begin{aligned} \text{Frecuencia del alelo A} &= 103 / 200 = 0,515 \\ \text{Frecuencia del alelo B} &= 97 / 200 = 0,485 \end{aligned}$$

En este momento, seguramente usted ya podrá valorar que tan útil ha sido la prueba genética en el Caso 1 si solo hubiésemos analizado este locus. Supongamos que la situación es la siguiente:

Juan (el presunto padre) es ***AB***, María es ***BB*** y Pedrito es ***AB***

¿Cuál es el alelo que Pedrito debió heredar obligatoriamente de su padre biológico? _____

¿Qué frecuencia tiene este alelo en la población de nuestro ejemplo?

¿Qué opinión le merece este valor, con respecto a la probabilidad de que Juan sea en realidad el padre biológico si solo estuviéramos analizando este locus?

EJERCICIO

Calcule la frecuencia de los alelos ***A***, ***B*** y ***C*** a partir del siguiente estudio poblacional: Se analizaron 200 personas y se encontraron los siguientes seis genotipos:

AA: 21, ***AB***: 66, ***AC***: 52, ***BB***: 14, ***BC***: 39, ***CC***: 8

$$\text{Frecuencia del alelo A} =$$

$$\text{Frecuencia del alelo B} =$$

$$\text{Frecuencia del alelo C} =$$

Suponga ahora que el trío de paternidad fue tipificado así:

Juan (el presunto padre) es ***AC***, María es ***BB*** y Pedrito es ***BC***

Cual es su opinión sobre la probabilidad de que Juan sea en realidad el padre biológico al analizar este segundo locus? Cuando contemos con mas elementos conceptuales podremos cuantificar el nivel de certeza que usted puede tener al utilizar no uno si no un grupo de polimorfismos de ADN como realmente se usan en el estudio de la paternidad.

FRECUENCIAS ALÉLICAS EN EQUILIBRIO GENÉTICO

Pasamos a estudiar uno de los más importantes enunciados construidos en la genética poblacional en el siglo XX: El principio del *Equilibrio Genético*. Le pedimos que piense ahora en la siguiente pregunta: Una vez que tomemos una muestra de población y calculemos las frecuencias de los alelos en los loci que nos interesan, podremos asegurar que estos valores se van a mantener sin cambio indefinidamente? De no ser así, cada cuanto tiempo y porqué razón deberíamos repetir el estudio poblacional?

Dos genetistas europeos, uno Ingles y otro Alemán pensaron en este problema y casi simultáneamente generaron una respuesta: Hardy y Weinberg encontraron que para un locus determinado, las frecuencias alélicas pueden mantenerse sin cambios importantes de una generación a la siguiente siempre que la población no esté sometida a “fuerzas desestabilizantes” y por lo tanto es posible predecir el valor de las frecuencias de los alelos y de los genotipos de un gen en una siguiente generación, a partir de las frecuencias observadas en el muestreo de la población actual. (**Ref 7**)

Cuales son las fuerzas que pueden alterar tal equilibrio?

La Selección natural: Ya hemos explicado este mecanismo Darwiniano. Suponga que uno de los alelos de un gen es el responsable de la aparición de un rasgo fenotípico que determine la supervivencia de una especie en un ambiente determinado, por ejemplo la capacidad de mimetizarse con colores pardos entre el arrecife de coral para no ser presa de un hambriento pez que se ha establecido en el mismo ambiente. Es fácil pensar que esta característica se seleccione naturalmente y que en algunas generaciones, la frecuencia de este alelo sea cada vez mayor reemplazando incluso a los otros alelos del gen portados por peces que no mostraban esta capacidad de defensa y eran presa fácil de pez glotón. Si calculamos la frecuencia del alelo responsable del mimetismo en generaciones sucesivas observaríamos que esta no es constante hasta que no reemplace totalmente a las otras variantes.

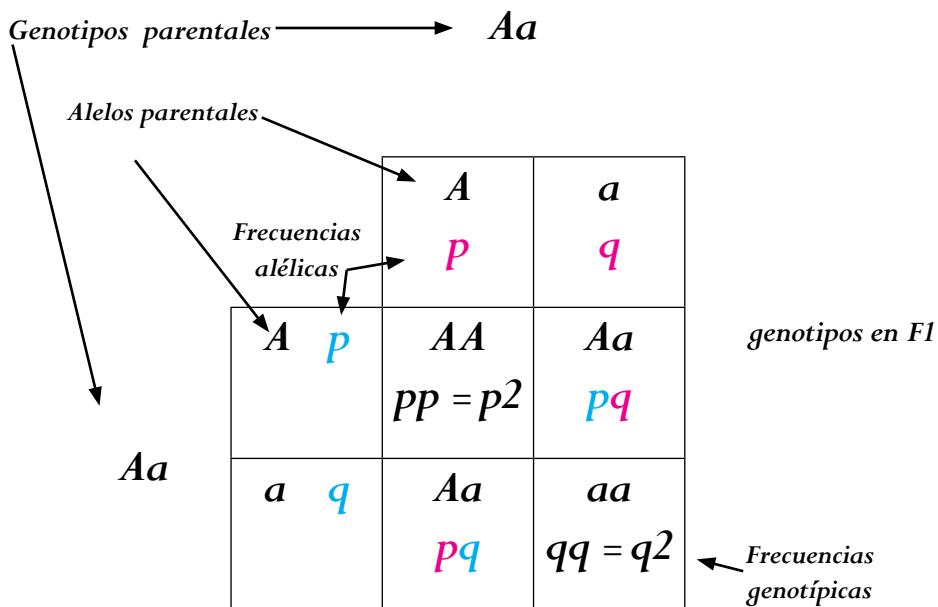
Apareamiento entre parientes: Imagine ahora el efecto que sobre la diversidad de una población puede tener el apareamiento no al azar entre sus individuos. Fieles a sus principios religiosos, los miembros de la comunidad *Ashkenasi* de Judíos Alemanes residentes en Norteamérica no aceptan como parejas a quienes no comparten ni practiquen sus creencias. Las comunidades cuentan con unos pocos cientos de individuos residentes en la misma área geográfica, por esta razón son comunes los matrimonios entre primos hermanos. La *Fibrosis quística* es una *enfermedad genética* que ocasiona entre otros, infecciones respiratorias

recurrentes a los niños que la sufren por lo cual fallecen en los primeros 10 años de su vida. La frecuencia de esta enfermedad es muy alta en las comunidades Ashkenasi. Hoy sabemos que es causada por una mutación que generó un alelo recesivo de un gen muy importante para la función de las vías respiratorias llamado **CFRT**. (Ref.11) El alelo anormal en otras poblaciones tiene una frecuencia muy baja y generalmente afecta uno de los 2 alelos del gen CFRT mientras el otro permanece normal y alcanza a cumplir con su función. Es tan baja la frecuencia de los *individuos portadores sanos heterocigotos* que la probabilidad de que dos de ellos se encuentren y resulten formando una pareja es muy baja. De ser así, solo existe el 25% de probabilidad de que tengan un hijo homocigoto afectado. Por su parte, la mutación del gen CFRT entre los Ashkenasi es muchas veces mayor que en otras poblaciones por lo tanto también son comunes los portadores sanos. Será entonces muy probable encontrar parejas de primos donde ambos son portadores de la enfermedad los cuales generan un número importante de hijos afectados. Este ejemplo muestra como puede incrementarse la frecuencia de un alelo anormal entre generaciones sucesivas como resultado del apareamiento no aleatorio de los individuos. Bajo estas condiciones también puede perderse el equilibrio genético.

Migraciones: Los movimientos masivos de individuos entre poblaciones, también pueden afectar la distribución de las variantes de un gen en una población. Las poblaciones grandes actuales, mantienen normalmente un flujo inmigratorio importante. Aun así, es posible que históricamente la ciudad reciba inmigrantes provenientes principalmente de sitios vecinos de modo que no logre desestabilizar las frecuencias de sus genes.

Si la población no está sometida a estas condiciones desestabilizantes, sus frecuencias alélicas y genotípicas se mantienen entre generaciones. Así, conociendo las frecuencias alélicas en la generación parental, es posible predecir las frecuencias de los genotipos en la siguiente generación. **Hardy & Weinberg** establecieron una relación matemática que les permitió valorar el comportamiento de los alelos de un gen en una población en equilibrio veamos:

Si se cruzan dos individuos heterocigotos para un locus dialélico (**A** y **a**, ya lo hicimos antes) y asumimos que **p** representa la frecuencia del alelo **A** en la población y **q** la frecuencia del alelo **a**, las frecuencias de los genotipos en la generación **F1** pueden calcularse multiplicando las frecuencias de los respectivos alelos en un plano cartesiano así:



Lo que hemos dicho antes puede escribirse en una sencilla ecuación, donde usted debe reconocer sus componentes:

$$\underbrace{(p + q)^2}_{(p + q)^2} = \underbrace{(p^2 + 2pq + q^2)}_{(p^2 + 2pq + q^2)}$$

La suma inicial representa todos los alelos de un locus que existen en la población. La potencia 2 se usa para indicar los apareamientos de parejas de individuos. En otras palabras hablamos de la generación parental.

Cada término de esta ecuación representa la frecuencia de uno de los 3 genotipos posibles de la generación F1. Observe que el heterocigoto tiene dos formas de constituirse dependiendo del origen de cada alelo por lo tanto debemos multiplicarlo por 2.

Para calcular la frecuencia de un genotipo particular que haya coincidido entre una evidencia y un sospechoso en un caso forense, debemos asumir que las frecuencias genotípicas del locus se ajustan al modelo de equilibrio H/W. Así, si el sospechoso es **AB** igual que la evidencia, la defensa querrá que el testigo experto genetista presente la frecuencia de este genotipo en la población de referencia con

la esperanza de que se trate de una variante muy común, lo que a su vez favorecería a su cliente. El genetista parte de un estudio poblacional como el que usted realizó en un ejercicio anterior y posee las frecuencias alélicas de **A** y de **B** en la población donde se cometió el crimen. Para calcular la frecuencia del genotipo **AB**, el simplemente realizará la siguiente multiplicación:

$$2 \left(\text{Frecuencia del alelo } A \times \text{Frecuencia del alelo } B \right)$$

utilicemos los mismos valores del ejercicio anterior:

$$\begin{aligned} \text{Frecuencia del alelo } A &= 0,515 \\ \text{Frecuencia del alelo } B &= 0,485 \end{aligned}$$

y reemplacemos los valores en la ecuación:

$$(0,515 \times 0,485) = 0,499$$

Ahora el defensor podrá reinterrogar al perito para que presente el mismo valor calculado pero en términos mas familiares al lenguaje no matemático. El genetista podría decir: “*una frecuencia de 0,499 puede aproximarse a 0,5 que es igual a decir que el genotipo coincidente lo posee el 50% de la población o, en otras palabras 1 de cada 2 personas lo posee*”.

El defensor tiene ahora un argumento contra la culpa de su cliente, pero el genetista no ha terminado su presentación. En realidad su laboratorio ha analizado 3 loci polimórficos adicionales y esta vez usó microsatélites. Sus resultados son los siguientes:

locus	EVIDENCIA	SOSPECHOSO	FRECUENCIAS GENOTIPICAS
HUMTHO1	8/9	8/9	
HUMTPOX	10/10	10/10	
HUMvWA	14/16	14/16	

Con ayuda de la base de datos que posee el laboratorio de genética con las frecuencias alélicas de estos 3 loci, calcule las frecuencias genotípicas respectivas, asumiendo que se ajustan al modelo de equilibrio H/W. Escriba sus resultados en las casillas correspondientes.

FRECUENCIAS ALÉLICAS

	HUMTHO1	HUMTPOX	HUMvWA
8	0.2		
9	0.2	0.1	
10	0.15	0.25	
11	0.25	0.3	
12	0.2	0.2	
13		0.15	0.1
14			0.2
15			0.1
16			0.3
17			0.3
Total	1.0	1.0	1.0

Como calcula la frecuencia de un genotipo homocigoto?

Ahora el perito genetista es requerido para que presente un resultado acumulado a partir de las frecuencias genotípicas de los 4 loci analizados, que responda a la pregunta: Con que frecuencia se encuentran en la población individuos que comparten los 4 genotipos:

$$A/B, \quad 8/9, \quad 10/10 \quad y \quad 14/16$$

Estos 4 loci están mapeados en cromosomas diferentes, bajo estas circunstancias, su segregación es independiente. Esto significa que se pueden generar combinaciones alélicas al azar de los 4 loci en un gameto es decir, no se espera que quien posea el genotipo A/B para el locus 1, siempre haya heredado el genotipo 8/9 en el locus 2. Las reglas estadísticas nos enseñan que cuando queremos calcular la probabilidad de ocurrencia simultánea de varios eventos independientes, debemos multiplicar sus probabilidades de ocurrencia: **Regla del producto.** (Ref. 10)

El valor resultante de multiplicar las 4 frecuencias genotípicas es: 0,0003 en otras palabras 1 de cada 3333 personas pueden tener estas 4 combinaciones alélicas simultáneamente*. O dicho de otra forma, 3 de cada 10mil personas, con lo cual la argumentación de la defensa pierde mucho valor.

* Basta dividir 1 / 0,0003 = 3333

EL PODER DE IDENTIFICACIÓN DE MARCADORES MICROSATÉLITE

En realidad, en una prueba genética actual se analizan muchos mas loci, con lo cual esta frecuencia acumulada puede alcanzar valores muy bajos puesto que existirían muy pocas personas que porten una combinación específica de alelos para por ejemplo 13 loci independientes. Esta “*huella genética*” se convierte entonces en una carta de identidad del individuo ya que la probabilidad de encontrar a otra persona no emparentada con un sospechoso que posea las mismas variantes génicas es prácticamente nula.

Como podrá observarse, las bajas frecuencias de los genotipos microsatélites en una población determinan también que la probabilidad de encontrar 2 individuos no emparentados que compartan las mismas variantes es muy baja.

1.5 SÍNTESIS DE LA UNIDAD

Su

Hemos revisado los soportes conceptuales necesarios para entender el fundamento biológico de las pruebas genéticas, entre ellos quiero resaltar los siguientes:

La identificación de personas a partir de su material genético es posible gracias a la gran diversidad biológica acumulada en la molécula del ADN, y a la posibilidad de que la información de los genes fluya de forma fiel entre padres e hijos de modo que podamos seguirla en el tiempo. La identificación de un criminal y la asignación de la paternidad a un presunto padre, son aplicaciones directas de estos principios.

El estudio de la diversidad comenzó con la descripción de los fenotipos; Charles Darwin y Gregorio Mendel generaron grandes teorías para explicar la variación: La selección natural, la evolución y la herencia constituyeron los soportes de la genética actual. Hoy, gracias a herramientas de la **biología molecular** tenemos acceso al genoma y podemos caracterizar en el laboratorio la variación contenida directamente sobre el ADN, es decir, sobre el genotipo.

Actualmente sabemos que los rasgos fenotípicos están asociados a los genes. Como vimos, la información contenida en los genes, puede ser traducida al lenguaje de las proteínas y estas a su vez de un modo directo o indirecto explican el fenotipo. Aun así, solo el 5% del genoma humano está asociado a secuencias génicas que codifican proteínas; la otra parte, el ADN no expresivo, contiene un altísimo nivel de variación ya que entre otras cosas, no está sometido a la selección

natural. Esta variación se manifiesta en loci altamente polimórficos de gran poder para identificar personas. Hemos acordado entonces que la identificación genética se realice sobre este tipo de ADN no codificante en el cual resaltamos las secuencias microsatélite.

Los microsatélites (o STRs) son polimorfismos muy abundantes en el genoma y se caracterizan por contener “palabras cortas repetidas” cuyo número de repeticiones varía mucho entre las personas. (**Ref. I2**). Para un mismo locus en un par de cromosomas homólogos, podemos encontrar en promedio 10 variantes alélicas del mismo STR en una población determinada, con lo cual existirán también muchos genotipos (parejas alélicas) diferentes. En otras palabras, estos “marcadores genéticos” tienen un alto poder de discriminación para identificar personas.

Por otra parte, la diversidad no solamente depende de la posibilidad de mutar el ADN, la reproducción sexual y la dinámica de las poblaciones humanas hacen que se generen distribuciones diferentes de los mismos alelos entre diversos grupos humanos que han vivido también historias distintas de poblamiento, migración y mezcla étnica. Debemos entonces imaginarnos poblaciones teóricamente estables para poder muestrear sus genes y construir bases de datos con frecuencias de alelos que se mantengan constantes en las próximas generaciones. Si es así, podemos hablar de poblaciones en equilibrio genético y utilizar sus frecuencias alélicas y genotípicas para evaluar nuestros hallazgos en un caso forense.

Los genotipos en equilibrio nos permiten estimar frecuencias utilizando ecuaciones sencillas:

p^2 para individuos homocigotos y $2pq$ para heterocigotos. Finalmente si los loci que estudiamos no están ligados en un mismo cromosoma segregarán independientemente a la descendencia. Este hecho nos permite calcular la probabilidad de encontrar un individuo que porte simultáneamente determinadas combinaciones genotípicas, simplemente aplicando la regla del producto de sus frecuencias individuales.

En situaciones de mayor complejidad, como en la ausencia de familiares directos para realizar la investigación del parentesco, el genetista forense puede requerir la información que aportan los polimorfismos uniparentales, asociados al Cromosoma Y o al ADN Mitochondrial. El cromosoma Y se hereda sin recombinarse desde el padre a sus hijos varones. El ADN Mt, se hereda de la madre a todos sus hijos hombre o mujeres.

Ca

I. Que relaciones puede describir entre los siguientes grupos de conceptos:

a. GENOTIPO y FENOTIPO _____

b. DIVERSIDAD y FENOTIPO _____

c. DIVERSIDAD y GENOTIPO _____

d. DIVERSIDAD e IDENTIFICACION HUMANA _____

2. Un ejemplo clásico de cómo actúa la selección natural se conoce como el “Melanismo Industrial” sucedido durante la revolución industrial en la Inglaterra Victoriana. Consulte el tema en los textos guía recomendados y escriba un relato de media página al respecto.

3. Que relación encuentra usted entre la selección natural de un rasgo y las tasas de supervivencia y reproducción de los individuos que lo portan?

4. De la lista que aparece a continuación, seleccione las palabras adecuadas para llenar los espacios en blanco en el siguiente texto: Gametos, Alelo, Gen, Genotipo, Homocigoto, Heterocigoto, Locus, Meiosis, Gónadas, Dominante, Recesivo, Mendel, Darwin, Fenotipo.

Cuando un individuo es de condición _____, es decir si para un particular tiene el _____ AA, producirá un solo tipo de _____ (**A**); de otra manera, producirá solo _____ (**a**) si es un _____ **aa**. Ahora si los dos _____ del _____ en el individuo son distintos (**Aa**) lo cual se conoce como condición _____, podrá generar dos tipos diferentes de _____. Teniendo en cuenta el _____ manifestado _____ llamó _____ al rasgo: color púrpura y _____ al rasgo color blanco.

PARTE II

5. Cuales fueron las proporciones de genotipos que obtuvo Mendel cuando cruzó entre si a dos plantas heterocigotas de la Generación F1? Qual era la proporción de plantas de flor blanca?

6. Si el alelo a causante del albinismo es la forma mutante del alelo A normal, el cual codifica para el pigmento de la piel, indique cuales son los genotipos y sus fenotipos correspondientes (Albino (A), Portador sano (PS) o Normal(N)), de los descendientes de las siguientes parejas y en que proporción se encuentran?

PADRES	Genotipos en F1	Fenotipos en F1	Proporciones
AA X AA			
AA X AA			
AA X AA			
AA X AA			

7. Compare los procesos de reproducción celular Mitosis y Meiosis según los criterios que aparecen en la primera columna de la tabla siguiente:

Criterio	Mitosis	Meiosis
Tipo de célula parental (somática o sexual)		
Tipo de células hijas (somáticas o sexuales)		
Nro de cromosomas en célula parental		
Nro de cromosomas en células hijas		
Presencia de Recombinación		
Sitio del cuerpo humano donde sucede		
Finalidad del proceso en el individuo		

8. En el modelo del tren utilizado en la presente unidad para estudiar la segregación mendeliana, indique a quien corresponde en la célula cada término presentado:

TREN	CELULA
Trenes gemelos	
Puesto del tren	
Pasajero	
Vías férreas	
Vagones del tren	

9. Por medio del modelo de la biblioteca que usamos para explicar la organización de la información en el genoma humano, busque las homologías que correspondan a los términos que aparecen en la primera columna:

BIBLIOTECA	GENOMA HUMANO
Letras	
Frases	
Párrafos	
Tomos	
Diccionario	
Idioma original	
Idioma traducido	

10. En que consiste el polimorfismo de un locus microsatélite? Porque estos marcadores son útiles en la identificación humana?

11. Calcule las frecuencias para los 3 alelos detectados en un locus microsatélite a partir de una muestra de población de 200 individuos. Los genotipos observados son los siguientes:

Genotipos	Nro de Individuos
4/4	29
4/5	69
4/6	42
5/5	19
5/6	32
6/6	9
Total individuos	200

PARTE II

Alelo 4 : _____

Alelo 5: _____

Alelo 6: _____

12. Cual sería la frecuencia de los heterocigotos 4/6 que se esperaría en los descendientes de los individuos muestrados si la población estuviese en equilibrio genético? Cual la de los homocigotos 6/6?

13. Indique cuales serían los marcadores genéticos de elección (STRs autosómicos, STR de cromosoma Y o ADN Mitocondrial) para demostrar el parentesco que se investiga:

Situación	Marcadores de elección
Investigación de la paternidad. Están disponibles el presunto padre, la madre y la hija	
Investigación de la maternidad ante un caso de abandono de un niño varón	
Identificación de restos humanos masculinos cuando contamos con el padre y la madre del desaparecido	
Investigación de la paternidad de un hijo varón con presunto padre fallecido, cuando solo está disponible un medio hermano del presunto padre, hijo de la misma madre y de un hermano del causante.	

14. Que significado tiene el hecho de que dos personas comparten exactamente la misma secuencia del D-loop en su ADN mitocondrial?

UNIDAD 2

AREA PERICIAL Y JUDICIAL

2.1 OBJETIVOS



Identificar las características de una prueba confiable (válida)



Señalar las implicaciones que tiene el Registro de cadena de Custodia en el manejo de muestras biológicas
Recomendar técnicas básicas de recolección y preservación de la evidencia biológica
Presentar y discutir las normas de calidad que se aplican a laboratorio y a los peritos en genética forense
Familiarizarse con los cálculos de probabilidad sobre perfiles genéticos coincidentes

2.2 CONFIABILIDAD DE LAS PRUEBAS DE ADN

Uno de los temas de capacitación mas solicitados por los jueces, abogados e investigadores acerca de las pruebas genéticas se relaciona con los factores que pueden alterar la *confiabilidad de la prueba*. Puede decirse que la prueba es confiable cuando reúne al menos tres condiciones, comunes a todo ejercicio pericial:

1. **Los elementos biológicos de prueba fueron adecuadamente recolectados sobre la escena del crimen y legalmente obtenidos y no existe duda sobre su aptitud, autenticidad y validez.** En otras

palabras, el vestigio biológico que se analizará en el laboratorio de genética es el mismo recolectado en la escena y mantiene su integridad física porque ha sido manipulado siguiendo las normas técnicas de calidad apropiadas. Note que las condiciones anteriores se extienden no solo a la evidencia física recolectada en la escena si no también a las muestras de personas vinculadas a una investigación ya sea el imputado o la víctima con las cuales se plantearán los cotejos genéticos, las mismas que llamaremos ***muestras biológicas de referencia***. El juez podrá medir su grado de confianza sobre la forma como los elementos probatorios fueron allegados al proceso judicial. Usted reconocerá la importancia de este tema en el proceso judicial ya que en él se incluyen dos aspectos trascendentales: El registro de la ***Cadena de Custodia*** y la Preservación de la evidencia biológica desde su recolección en la escena hasta su procesamiento final en el laboratorio forense.

2. **La prueba fue realizada en el contexto de un sistema de calidad**, lo cual supone dos escenarios que pueden ser objeto de control y verificación: El laboratorio y los peritos. En este aspecto, el juez podrá evaluar con base en la norma internacional de calidad aplicada a laboratorios forenses: ***Norma IEC- ISO 1702*** que grado de confianza le merece la prueba realizada en un laboratorio específico y por un genetista en particular.
3. **El resultado del estudio genético** ya sea de exclusión o de no exclusión, soportado en estudios de poblaciones de referencia **alcanza un valor de certeza científica que supera los estándares** acordados por la ley o por la comunidad científica. Este aspecto es quizás el más interesante al momento de evaluar una prueba genética porque se relaciona con la probabilidad de incertidumbre de un resultado científico y a diferencia de los dos puntos anteriores depende solamente de hechos biológicos. El juez debe conocer los modelos de interpretación de estos resultados para valorar la prueba en sana crítica.

2.2.1. CONFIABILIDAD DE LA PRUEBA EN FUNCIÓN DE LA AUTENTICIDAD DE LA EVIDENCIA

Cadena de custodia de elementos de prueba biológicos

Los principios y procedimientos de Cadena de Custodia están contenidos en los manuales de Policía Judicial (**Ref.13**). Los vestigios biológicos obtenidos en la escena, como cualquier elemento potencialmente probatorio, pueden y deben ser registrados en formatos que permitan demostrar su historia a lo largo del proceso judicial. Al respecto creo importante resaltar algunos componentes

del registro que le permiten al Juez evaluar la autenticidad del elemento biológico analizado y presentado como posible prueba en el juicio oral.

Considero que el concepto de autenticidad aplicado a las muestras biológicas de interés forense, ya sean elementos de la escena o muestras de referencia, tiene tres componentes:

- El elemento de prueba es auténtico porque es el mismo que fue encontrado en la escena o tomado a una persona vinculada a la investigación
- Es auténtico además porque conserva sus propiedades biológicas originales.
- Es auténtico porque es parte o subproducto del elemento original.

El Registro de Cadena de Custodia (RCC) permite verificar el manejo dado a las evidencias biológicas durante los momentos críticos de la historia del caso: los dos primeros elementos anotados se relacionan principalmente con la manipulación de la evidencia desde su detección en la escena hasta su entrega al laboratorio forense, el tercero se aplica dentro del laboratorio a las muestras parciales, remanentes o derivadas de la muestra original y a su disposición final en una bodega o almacén de evidencias.

La verificación de la custodia en el primer momento puede hacerse a partir de la coherencia existente entre las descripciones anotadas en el RCC sobre un mismo elemento de prueba y su correspondencia con los medios de fijación de la evidencia utilizados, ya sean fotografías o videos. Cualquier tachadura, enmendadura o borrón detectado, o cualquier corrección no aclarada puede generar duda sobre la autenticidad de la evidencia. Obviamente que la ruptura de la cadena, porque falte un registro de entrega o de recepción generará la mayor incertidumbre sobre la autenticidad.

Por otra parte, el perito consigna además el **Estado de preservación** en que recibe una muestra, resaltando aquellos elementos probatorios en los que es evidente la contaminación por microorganismos o la mezcla entre fluidos biológicos resultantes del embalaje inapropiado de las muestras. Esta anotación debe permitirle al juez entender porqué no se obtuvo un resultado útil en el análisis genético. En otras palabras, la muestra puede ser la misma recuperada en la escena pero ya ha perdido sus propiedades para obtener de ella un perfil de ADN informativo. Es decir, el **ADN puede estar ampliamente degradado**, ya que la doble hebra ha sido cortada en multitud de pequeños fragmentos por acción de agentes bacterianos o factores físicos como la exposición al calor extremo en un ambiente de alta acidez y puede no ser susceptible de analizarse en el laboratorio.

Quiero resaltar aquí la situación común que vivimos en los procesos civiles de paternidad donde la parte no favorecida por el resultado de una prueba genética, cuestiona la autenticidad de la muestra sobre la que se realizó el estudio.

La diligencia de exhumación de restos óseos puede ser objeto de crítica cuando el juez responsable de ordenar el procedimiento, no verifica la autenticidad de la tumba que va a ser abierta. Si el resultado es una exclusión de la paternidad, el demandante cuestiona la autenticidad de los restos. Un registro de cadena de custodia adecuado evitaría el desgaste judicial, pericial y financiero que representa un estudio genético adicional de identificación donde originalmente solo se investigaba la paternidad biológica.

Finalmente, cuando sea posible, el perito guardará una parte de la muestra original para eventuales cotejos adicionales o para contrapericias. La situación se plantea de modo diferente si la investigación biológica esta dirigida a demostrar el parentesco o si se trata de una investigación criminal. La diferencia está en que en el primer caso, generalmente contamos con la posibilidad de volver a tomar una muestra para estudio por el contrario, en la investigación de un crimen contamos con evidencias generalmente únicas y muchas veces tan escasas que no es posible dejar una muestra parcial para eventuales cotejos posteriores. Aclaramos que no se trata de una **contramuestra** ya que por definición esta tendría que ser una réplica tomada en las mismas condiciones que la original y una evidencia biológica no puede cumplir esta condición. Es posible entonces que la prueba mas demostrativa en una investigación judicial sea una prueba genética que no pueda repetirse, por lo cual la cadena de custodia de este elemento y su manejo en el laboratorio deben ser impecables.

Eventualmente, las partes podrían solicitar que la misma evidencia fuese remitida a dos laboratorios forenses. De otra manera, el Juez podría solicitar al laboratorio a quien se remitió originalmente la muestra, que entregue los remanentes de la evidencia inicial para ser re-analizada por un segundo laboratorio. Si la muestra no fue agotada durante el procedimiento, el laboratorio debe estar en capacidad de presentar su RCC donde pueda verificarse la autenticidad de la “sub-muestra” que entrega.

Finalmente, un vestigio biológico agotado en el laboratorio puede ser verificado solo a partir de sus derivados. Obviamente esta comprobación solo permitiría comparar los resultados genéticos que ha obtenido un laboratorio con el fin de verificar su reproducibilidad en otro laboratorio. Lo cual puede ser interés del mismo laboratorio para verificar un resultado dudoso. Como ya no existe la fuente biológica original, la comparación puede realizarse a partir del ADN aislado de la muestra forense. El Juez podría solicitar que el laboratorio entregue una muestra de ADN aislado, para confirmar un perfil genético dudoso.

En la investigación de la paternidad biológica, los laboratorios hemos aprendido a garantizar la autenticidad de las muestras analizadas. Ya que es

común la no comparecencia de alguno de los miembros del trío, principalmente del acusado de la paternidad. La situación ha sido resuelta empleando estrategias básicas de identificación: Exigir la comparecencia simultánea de todos las personas relacionadas con el caso, dejar constancia escrita de su presencia en la toma de muestras, incluso a través de su consentimiento para la toma de la muestra sanguínea, registrar sus huellas digitales y tomar una fotografía a los asistentes.

El laboratorio encargado de realizar la prueba deberá contar con un procedimiento que le permita garantizar la autenticidad de una muestra cuando esta no ha sido tomada en la misma fecha y hora en que fueron tomadas las otras muestras. El presunto padre, la madre o su hijo, por diversas circunstancias podrían no asistir a la citación. Las causas más comunes son, por enfermedad grave, por ausencia de medios de transporte, por residir en el exterior, por problemas de seguridad, etc. El juez podrá exigir el RCC donde conste que un representante del laboratorio tomó la muestra y la remitió en custodia utilizando un correo certificado. Es más complejo cuando se trata de tomar una muestra a un residente colombiano en el exterior. En nuestra experiencia, la autoridad judicial podrá solicitar a la autoridad consular que cite al presunto padre o a la madre y su hijo a la oficina consular o que nombre un funcionario que en compañía de una persona conocedora del proceso de toma de muestra acuda a la residencia del presunto padre, de lo cual deberá dejarse constancia firmada por el usuario, acompañada de su registro dactilar y su fotografía. De otra manera, el trámite podrá también apoyarse en los tratados de intercambio de pruebas judiciales que Colombia tiene con varios países, en los cuales, una autoridad local (INTERPOL, FBI, etc) podrá tomar y remitir la muestra o incluso podrá procesarla en un laboratorio local que pueda demostrar su acreditación nacional o internacional para realizar la prueba. En este caso, la autoridad judicial deberá coordinar con el laboratorio colombiano para realizar el estudio sobre los mismos marcadores genéticos que utiliza el laboratorio en el exterior.

Manipulación adecuada del vestigio biológico en la escena del crimen.

Si bien el procesamiento de una escena debe seguir un protocolo técnico riguroso, la recolección de evidencias biológicas se caracteriza por su simpleza y su economía. Si se siguen adecuadamente los protocolos, es posible demostrar transferencias de materiales biológicos muy útiles en la investigación del crimen, con lo cual el investigador podrá mas fácilmente reconstruir los hechos y generar una teoría coherente del caso criminal. Desde otro punto de vista, si no se protege la evidencia biológica en la escena, podemos pronosticar el fracaso de la investigación. Veamos cuáles son las principales recomendaciones para la detección y recolección del vestigio biológico en la escena del crimen: (Ref.15) (Ref.20)

Normas Generales para el Manejo Adecuado de Vestigios Biológicos

- Bioseguridad: Todo funcionario que por sus funciones deba entrar en contacto con fluidos biológicos debe tener un esquema de vacunación completo contra hepatitis B. Cualquier muestra biológica es potencialmente contagiosa usted debe protegerse de la contaminación microbiológica. Evite tocar su cara, nariz o boca cuando este colectando evidencia.
- Usted también puede contaminar la escena con sus propias células o fluidos por lo tanto, no debe entrar en contacto directo con la evidencia biológica, debe usar elementos de bioseguridad como guantes, tapaboca, gorro y blusa o vestido de trabajo adecuado.
- Los guantes deben ser cambiados regularmente, de no ser posible, deben limpiarse con alcohol antiséptico antes y después de recolectar cada muestra.
- El siguiente material debe ser desechable: Escobillones de algodón (copitos o cotonetes), hojas de bisturí o cuchillas, tubos y pipetas de polipropileno o vidrio, bolsas usadas. Mantenga siempre cerca una bolsa roja para desechos biológicos (fija a su cinturón).
- Las pinzas, tijeras o agujas de acero inoxidable deben limpiarse con alcohol antiséptico o hipoclorito diluido antes y después de haber estado en contacto con una muestra biológica.
- Evite tocar el sitio o el elemento donde usted cree que puede haber ADN
- Evite hablar, estornudar o toser sobre las evidencias
- Seque al aire cualquier elemento manchado con un fluido biológico antes de empacarlo. Si usa un secador verifique que este en secado frío nuca en caliente
- Use siempre bolsas o sobres nuevos de papel no impresos, para embalar muestras biológicas. No use ganchos o grapas para cerrar la bolsa. Cierre siempre con cinta de seguridad. (Los sobres de papel no son recomendables si se quiere embalar un chicle fresco. Solo en este caso puede usarse una bolsa de plástico)
- Las bolsas plásticas se usan solo para darle seguridad al empaque final donde se han embalado una o varias bolsas de papel. Con la excepción del chicle, nunca empaque un vestigio biológico directamente en bolsa plástica.
- Mantenga la Cadena de Frío hasta que la muestra llegue al laboratorio. Si se trata de manchas secas de sangre, saliva, semen u otros fluidos, estas pueden transportarse a temperatura ambiente siempre que el viaje no se prolongue por más de 48 horas. Si se trata de ambientes cálidos y húmedos,

- es preferible remitir una muestra en un contenedor acompañada de una bolsa de gel refrigerante.
- Registre cada actividad en un formato diseñado específicamente para ella de modo que permita su verificación.

2.2.2. CONFIABILIDAD DE LA PRUEBA EN FUNCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD APLICADO POR EL LABORATORIO

Si bien, los estudios forenses siempre fueron debatidos por la calidad con que fueron generados, nunca antes se insistió tanto y me atrevo a decir que en ningún otro tipo de pericia, sobre la calidad de los procesos de laboratorio como con la prueba genética actualmente. En nuestro medio latinoamericano, el pensamiento moderno sobre la calidad de un producto o un proceso ya no gira en torno al reconocimiento social o académico de los expertos. Creo que hemos dado un salto trascendente en nuestra cultura sobre la calidad con que trabajan nuestros laboratorios tanto que ahora el prestigio de los científicos no es suficiente para generar confiabilidad en los resultados forenses. El juez puede solicitar a los peritos y a los institutos forenses certificaciones que demuestren la implementación y el aseguramiento de un *Sistema de Calidad* que garantice el control de los posibles errores en el método analítico.

El recuerdo de los Grupos Sanguíneos y otras pruebas antiguas

La historia de las pruebas genéticas aplicadas a la investigación del delito o la filiación ha sido la de evolucionar hacia procedimientos de laboratorio más precisos, más reproducibles y por lo tanto más controlables. Es más conocida la historia de las pruebas antiguas de paternidad, enmarcadas en el ámbito de la serología forense, la hemogenética y la inmunogenética, que el pasado de la criminalística biológica, aunque las dos aplicaciones recorrieron la misma transformación en dos aspectos fundamentales: Primero, la búsqueda de marcadores genéticos de mayor polimorfismo y por lo tanto de mayor poder de identificación y segundo, la implementación de métodos de alta precisión para la detección de alelos, sobre plataformas cada vez más automatizadas.

Preferí incluir aquí los Grupos Sanguíneos con la intención de que puedan ser comparados con las herramientas actuales del análisis genético forense desde el punto de vista de la ganancia para los laboratorios y obviamente para los usuarios en los dos aspectos que mencioné antes.

Mayor polimorfismo y Mayor Poder de identificación

A estas alturas del tema usted ya habrá reconocido que el poder de un marcador genético para identificar personas, reside en el grado de polimorfis-

mo que presenta en una población determinada. Así, un locus genético será más útil a los fines forenses si posee muchos alelos y si además estos se encuentran distribuidos en forma homogénea en la población. Pues bien, este no es el caso de los Grupos Sanguíneos. En el mejor de los casos, un grupo sanguíneo podía tener 4 o 6 alelos con los cuales podríamos esperar 10 o 20 genotipos diferentes, pero no era así en todos los loci, algunos genotipos no podían discriminarse ya que codificaban para un mismo fenotipo sanguíneo. (Recuerde que el fenotipo o grupo sanguíneo B podía ser codificado por los genotipos homocigoto BB o por el heterocigoto BO y no podíamos distinguirlos). Los métodos que se utilizaban solo podían reconocer la expresión de los genes en rasgos fenotípicos. Los Grupos sanguíneos como tal, son generalmente proteínas que podíamos detectar sobre las células de la sangre, pero no podíamos estudiar directamente los genes que las codificaban así que teníamos una visión reducida de la diversidad real.

Por otra parte, como estábamos evaluando el fenotipo y no el genotipo de la persona, este en muchos casos estaba sometido a la selección por lo tanto algunos fenotipos esperados son realmente raros en muchas poblaciones con lo cual la diversidad con que contábamos para resolver un caso de paternidad o un caso criminal era muy limitada.

Las consecuencias de lo anterior deben ser evidentes:

La mayoría de los fenotipos detectados correspondían como era de esperarse, a los grupos poblacionales más comunes: El presunto padre era de grupo sanguíneo O al igual que la madre y el hijo en casi el 70% de los casos de paternidad.

La prueba entonces no podía discriminar entre los padres falsamente acusados. Teníamos un nivel de error muy alto y solo en un porcentaje muy bajo, era posible detectar exclusiones de paternidad. Aunque históricamente las demandas de paternidad son mayoritariamente ciertas, cientos de individuos anualmente en el país analizados por grupos sanguíneos quedaban como padres biológicos sin serlo.

Pero aun así, los grupos sanguíneos eran usados en todo el mundo para investigaciones judiciales de filiación o de criminalística. También en el laboratorio forense dedicábamos largas horas a purificar las proteínas sanguíneas obtenidas de una mancha de sangre proveniente de la escena del crimen, para definir el grupo sanguíneo del asesino. Como estos marcadores no eran suficientemente informativos, requeríamos muchos de ellos para “sumar” certeza al momento de hacer una conclusión.

Para los años 60's, un laboratorio de paternidad utilizaba en promedio 20 a 25 marcadores genéticos donde se incluían los siguientes tipos de polimorfismos:

Grupos sanguíneos (ABO, Rh, Kell, Duffy, MN, Ss, etc)

Proteínas plasmáticas (Hp, Tf, etc)

Isoenzimas eritrocitarias (PGM, EsD, GC, etc)

Los grupos sanguíneos se detectaban con técnicas serológicas básicas haciendo reaccionar un antisuero con las células sanguíneas del usuario. Si el analista observaba la presencia de aglutinación de los glóbulos rojos, informaba como positiva la prueba. Algunas de estas reacciones hematológicas no eran concluyentes. (**Ref. 21**)

Las proteínas plasmáticas y las isoenzimas eritrocitarias generaban polimorfismos detectables a través de electroforesis de proteínas. Los alelos de un individuo migraban dentro de una gelatina, impulsados por un campo eléctrico y se separaban suficientemente para poder reconocerlos. Así, podíamos comparar en el mismo gel los alelos de los presuntos padres y los hijos o, los alelos de los presuntos homicidas y las evidencias.

En los años 70's ingresa a los laboratorios forenses el sistema HLA (Antígenos de Leucocitos Humanos) esta vez se trata de proteínas polimórficas como los Grupos sanguíneos pero se detectaban sobre los glóbulos blancos en lugar de los glóbulos rojos de la sangre. Traían muchas ventajas con respecto a los marcadores antiguos. Eran altamente polimórficas. Aun así las tres tipos de proteínas que se analizaban HLA-A, HLA-B y HLA-C estaban codificadas en el ADN sobre un mismo locus genético en el cromosoma 6, es decir eran genes ligados. Esta organización física reducía la diversidad en el sentido de que no existía una alta posibilidad de recombinación entre los alelos HLA de los dos cromosomas homólogos. El HLA se hereda entonces como bloques de información o *haplotipos* a los hijos. (**Ref. 22**)

Comprenderá usted la complejidad metodológica en interpretativa que tenía la prueba de paternidad de entonces. Un estudio promedio que incluyera grupos sanguíneos, proteínas plasmáticas e isoenzima en un laboratorio de baja demanda podría entregarse en un mes. Adicionalmente, el resultado como ahora con el ADN debía presentarse al juez en términos de Probabilidad de paternidad, para lo cual cada país realizaba estudios poblacionales para detectar la distribución de los marcadores sanguíneos y las frecuencias de los fenotipos y los alelos que podían deducirse. Para el caso del HLA era aun más complejo, se requerían bases de datos de frecuencias de haplotipos en la población. Es importante que el juez de familia conozca que la exigencia de un estándar de calidad, como un valor de probabilidad mayor del 99% no es una exigencia nueva. Los laboratorios del mundo la conocen y la aplican desde hace más de 50 años, aunque en Colombia el nivel de certeza solo comenzó a incluirse en los informes de paternidad desde el año 1995.

DNA Fingerprinting - Aparece la huella genética

A mediados de los años 80's aparece en el escenario científico la huella genética (DNA fingerprinting) (**Ref. 23**). El profesor Alec Jeffreys, de la Universidad de Leicester había señalado en 1984 que los polimorfismos detectados por él en la molécula del ADN mostraban tal variabilidad entre los individuos, que podían utilizarse para identificación de personas con muy alta confianza. Su "huella digital de ADN" era prácticamente irrepetible entre individuos no emparentados. La policía contactó al Profesor Jeffreys para hacer el estudio del ADN en las evidencias detectadas sobre los cuerpos de Lynda Mann y Dawn Ashforth asesinadas y violadas unos meses atrás. La prueba demostró que el ADN de Rodney Buckland, detenido por el doble crimen no era el mismo de las evidencias. Buckland era inocente.

La propuesta original de Alec Jeffreys, (**Ref 23**) se refería al análisis de polimorfismos de ADN conocidos como Minisatélites: regiones del genoma caracterizadas por contener secuencias repetidas de 20 a 80 nucleótidos en promedio, que varían en número de una a otra, constituyendo alelos de varias Kilobases de longitud. Ellos podían detectarse en el laboratorio utilizando ingeniosos diseños metodológicos que Jeffreys propuso para alcanzar un alto poder de identificación individual.

El estudio de los minisatélites (también conocidos como VNTRs) se impuso en Europa y luego en Norteamérica durante los años 80's. Estos marcadores eran altamente polimórficos y podían detectarse decenas de alelos en cada locus. Pese a su alto poder de identificación, el ADN requerido para este estudio debía ser de alta calidad, lo cual no era mayor problema para el estudio de casos de paternidad pero dejaba por fuera muchos casos forenses donde la evidencia biológica ya presenta algún grado de degradación. Además, la herramienta metodológica para su detección no era precisa, y fue necesario adoptar "ventanas de aceptación" para la asignación del tamaño de los alelos durante la electroforesis. (**Ref. 24**)

Por estas razones, rápidamente, los análisis de Minisatélites fueron reemplazados por los Microsatélites (STRs), con el advenimiento de la Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR), a finales de los 80's. (**Ref. 25**) Esta técnica permitía amplificar regiones polimórficas del genoma aún en muestras altamente degradadas. Como ya hemos visto, los STRs son fragmentos de ADN mucho más pequeños que los Minisatélites y podían detectarse con éxito en muchos casos. Desde el año 1987 hasta hoy, esta estrategia metodológica y este tipo de polimorfismos representan la principal herramienta de análisis genético forense en el mundo.

Como usted podrá observar, el control de calidad sobre la prueba genética ha sido un tema de debate constante desde hace muchos años. Afortunadamente, hoy el tema está globalizado y existe suficiente experiencia internacional

sobre su aplicación. En Colombia, la Superintendencia de industria y Comercio es la entidad estatal autorizada para acreditar laboratorios y pruebas de ensayo. Con respecto a la certificación de peritos forenses, esta función ha sido asignada recientemente al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Ley 389 de 2004). Los siguientes son las instituciones nacionales o internacionales relacionadas con procesos de acreditación de laboratorios y pruebas, certificación de peritos, pruebas de eficiencia, controles interlaboratoriales o que generan recomendaciones de calidad para laboratorios de ADN en el campo forense. Todas ellas pueden ser consultadas en sus respectivas páginas web.

- Norteamérica: American Association of Blood Banks (AABB), TWGDAM, NIST, ASCLD, DAB
- Comunidad Europea: EDNAP, International Society for Forensic Genetics (ISFG).
- Latinoamérica: gep-ISFG (grupo español-portugués de la ISFG), GITAD
- Colombia: Superintendencia de Industria y Comercio, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, ICONTEC.

Documentos de consulta

Pruebas de ADN en la investigación de la paternidad

- Recomendaciones de Estandares Básicos para laboratorios que realizan pruebas de paternidad: www.icbf.gov.co/espanol/paternidad/rec_est_basicos_01-05.pdf
- Norma técnica : ISO17025, Requerimientos generales de competencia para laboratorio de ensayo y calibración
- Ley 721 de 2001
- Pruebas de ADN en criminalística
- **DNA Advisory Board:** *Quality Assurance Standards for Forensic DNA Testing Laboratories and for Convicted Offender DNA Databasing Laboratories Forensic Science Communications July 2000 Volume 2 Number 3*

Acreditación o Certificación? Bajo el esquema de la Normativa ISO 9000 se aplican los términos certificación o acreditación . Laboratorios que han implantado ISO 9001 (o ISO 9002:1994) y dicho sistema se ha verificado y validado por un tercero, se categoriza como Certificación y Registro. La diferencia fundamental entre acreditación y registro/certificación es el nivel de competencia en el desempeño de las actividades. Se acreditan los laboratorios y las pruebas que realizan luego de implementar y asegurar un sistema de calidad según la Norma ISO/IEC 17025. El laboratorio que cuente con dicha acreditación es significativamente mejor categorizado que otros sin dicha acreditación.

El sistema de calidad sobre el que se audita a un laboratorio forense debe incluir al menos 15 capítulos:

1. Programa de aseguramiento de la calidad (Sistema de calidad)
2. Organización y manejo administrativo del laboratorio
3. Personal (Perfiles del director del laboratorio y de los peritos y personal auxiliar, Calificación, Programas de capacitación y actualización)
4. Instalaciones y accesos: Areas independientes para evitar la contaminación por ADN
5. Control de evidencias
6. Validación de métodos analíticos (Véase Guía TWGDAM)
7. Procesos analíticos
8. Calibración y mantenimiento de equipos
9. Reportes (Registro de caso e informes periciales)
10. Revisiones (Revisión de casos, Manejo de no conformidades, Registro de testimonios)
11. Pruebas de eficiencia a peritos
12. Acciones correctivas para pro-eficiencias
13. Auditorias anuales
14. Seguridad ambiental e industrial
15. Subcontratación

Para la fecha existen en Colombia 8 laboratorios acreditados por la S.I.C. para realizar pruebas de paternidad y uno para realizar tanto pruebas de parentesco como forenses.

COMO SE OBTIENE UN PERFIL DE ADN EN EL LABORATORIO?

El siguiente es un resumen de los procedimientos básicos que empleamos en el laboratorio para realizar el estudio del ADN de las muestras forenses.

Extracción de ADN

El principal reto metodológico para el genetista forense es aislar ADN de buena calidad a partir de muestras biológicas recuperadas en la escena del crimen, o de muestras de referencia. Como usted recordará, el ADN se encuentra “encerrado” dentro del núcleo de las células, el cual a su vez está inmerso en el Citoplasma celular que se encuentra “envuelto” por la membrana celular. Los protocolos de extracción de ADN, en general están dirigidos a desintegrar la estructura celular, para lo cual digerimos los componentes celulares con ayuda de ***detergentes*** y ***enzimas proteolíticas*** y luego purificamos la molécula de ADN separándola de otras moléculas celulares como son las proteínas que se encuentran

asociadas al material genético. Aun así, las muestras biológicas que recibimos en el laboratorio son muy variadas y muchas veces utilizamos protocolos específicos de extracción de ADN para cada tipo celular. A continuación hacemos una sencilla explicación de los principales métodos usados por los laboratorios forenses:

Extracción por resinas quelantes (Chelex -100)

Se trata de incubar una pequeña muestra de un fluido biológico (sangre, saliva,etc) o una mancha de sangre seca en una solución acuosa de una resina, y someterla a ebullición por pocos minutos; entre tanto, las células se desintegran y la resina captura sustancias de la muestra que pueden ser nocivas para el ADN. Es un método rápido y permite analizar gran variedad de tipos celulares.(sangre, saliva, cabellos, semen, etc)

Extracción por solventes orgánicos (Fenol – cloroformo)

La muestra celular se digiere con detergentes y enzimas proteolíticas y el ADN unido a proteínas es purificado utilizando solventes como el fenol, el cual permite separar las proteínas del ADN. Se obtiene ADN de alta pureza pero puede perderse algo de la muestra. El método puede usarse sobre sangre, semen, cabellos, hueso, diente, músculo, etc

Extracción salina (Salting-out)

Este método busca romper las membranas de las células y separar las proteínas del ADN en un medio altamente concentrado en sales. Es muy usado para extraer ADN de sangre.

Tarjetas FTA

Es uno de los métodos mas utilizados para la extracción de ADN de sangre y de saliva (células epiteliales) La muestra es recibida originalmente sobre un papel de filtro pretratado, la cual una vez seca, puede ser almacenada por muchos años a temperatura ambiente. Al momento de procesarla, se recorta un fragmento muy pequeño de la muestra y se lava con detergentes para eliminar restos celulares dejando el ADN adherido a la tarjeta.

Algunas muestras forenses requieren de procedimientos adicionales dada su naturaleza veamos:

Extracción de hueso y diente

En los tejidos duros como el hueso, las células se encuentran inmersas en una matriz mineral rica en sales. Es necesario fracturar el hueso en fragmentos pequeños, pulverizar cada pieza e intentar disolver el componente mineral para liberar las células del hueso y así iniciar el proceso de extracción de ADN. No siempre es posible obtener ADN de una pieza de hueso, el éxito del procedimiento depende de las condiciones en que se encuentra la muestra. Huesos muy antiguos tienen generalmente un alto nivel de fragmentación del ADN, al igual

que las piezas muy descompuestas o sometidas a incineración. Es difícil establecer un tiempo límite de antigüedad para decidir si se procesa o no una muestra, generalmente toda muestra ósea se procesa pero en varios casos no se obtienen resultados útiles para la investigación. Una de las alternativas para el estudio de restos óseos es aislar y detectar el ADN mitocondrial cuando el ADN nuclear se encuentra muy degradado.

Extracción diferencial ADN de muestras post-coitales

Las muestras que se toman en cavidades del cuerpo como la vagina, el recto o la cavidad bucal, para obtener semen de un violador, se denominan post-coitales. El médico forense utiliza un escobillón largo para recuperar los espermatozoides dejados por el agresor en la víctima pero al mismo tiempo, el escobillón se impregna de células epiteliales de la víctima. De esta manera, el ADN de las dos personas: víctima y violador se mezclan en el mismo soporte. El proceso de extracción diferencial busca digerir diferencialmente los dos tipos celulares aprovechando que las epiteliales, son células que se desintegran más fácilmente que los espermatozoides. Así, es posible obtener en el laboratorio dos fracciones separadas de restos celulares que luego pueden tipificarse independientemente para obtener el perfil genético de cada individuo por separado.

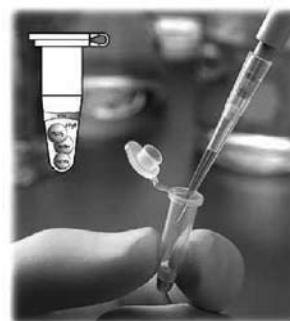
Amplificación de un locus microsatélite por PCR

La estrategia metodológica mas utilizada actualmente en los laboratorios de genética forense es la de amplificar regiones del ADN que contienen polimorfismos como los microsatélites con el fin de hacerlos accesibles al análisis.

El método se conoce como Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y fue descrito por Kary Mullis en 1985 (**Ref 25**). Permite analizar muestras biológicas muy pequeñas como las que se obtienen en la investigación del crimen, amplificando miles de millones de veces ciertas zonas de interés en la molécula del ADN sin tener que estudiar toda su extensión

De modo resumido, la PCR funciona de la siguiente manera:

Imagine que usted va a construir un fragmento de ADN idéntico a uno que llamaremos “ADN molde” en el tubo ensayo que no es otro que el ADN recién extraído de la muestra forense. Para lograrlo usted debe partir de los componentes mínimos de la molécula. Recuerde que el ADN está compuesto por cadenas de pequeñas moléculas llamadas nucleótidos, los cuales contienen a su vez las bases nitrogenadas que son: A, C, G y T. Adicio-



namos entonces en el tubo suficiente cantidad de bases para fabricar muchas copias del mismo molde de la molécula.

Ahora bien, como vimos en la primera unidad, la información que queremos copiar esta contenida dentro de la molécula en forma de secuencias de bases nitrogenadas así que lo primero que debemos hacer es abrir la molécula rompiendo las parejas de bases de modo que queden expuestas ahora dos hebras sencillas que puedan ser “copiadas”. Esto lo conseguimos solo con someter el ADN a temperaturas altas por unos pocos segundos.

Por otra parte, cuando aislamos ADN de una célula, podemos obtener muy grandes fragmentos de la molécula y solo requerimos estudiar algunos sitios que puedan darnos información sobre la identidad de la evidencia, es decir aquellos que anteriormente llamamos polimorfismos de ADN, como son los microsatélites o STRs. ¿Cómo hacer para amplificar solamente estos sitios de interés? La estrategia está en que podemos “señalar” el comienzo y el final del fragmento que queremos estudiar, usando dos pequeñas marcas de ADN que denominamos “iniciadores o primers”. Estos se unen específicamente a una secuencia vecina del microsatélite en cada uno de sus extremos y definen así la extensión del “documento” que debe ser copiado.

Lo que resta es incluir en el proceso a alguien que ejecute la copia. Se trata de una enzima llamada DNA polimerasa. Ella es capaz de tomar los nucleótidos libres que hemos agregado en el tubo y colocarlos adecuadamente sobre el molde abierto de ADN, es decir, la polimerasa vuelve a crear las parejas de letras que teníamos antes de separar las dos hebras de la molécula, respetando las dos parejas posibles de bases nitrogenadas que existen en el ADN: A-T y C-G.

Finalmente, la polimerasa genera una copia complementaria del fragmento que nos interesa. Este proceso podemos controlarlo en el laboratorio de modo que las copias generadas sean ahora “nuevos originales” del mismo fragmento en un nuevo ciclo de copiado. Si repetimos el proceso solo 30 veces, utilizando siempre las copias del ciclo anterior como originales adicionales del siguiente ciclo, tendremos una empresa de fotocopiado altamente productiva: en solo unas 3 horas habremos construido miles de millones de copias del original inicial.

Como usted podrá observar, la PCR podría asimilarse a un proceso de fotocopiado de ADN, donde el documento original es la información contenida en un fragmento de ADN microsatélite y la máquina estaría programada para reutilizar las copias que se van generando, como nuevos originales.

Ahora usted podrá entender porque se recomienda evitar el contacto directo del investigador de la escena con las evidencias biológicas, la PCR podría

amplificar también pequeñas muestras de saliva o pelo del funcionario y confundir el resultado de los cotejos genéticos.

Detección de alelos STR por electroforesis

La última etapa del proceso de laboratorio esta dirigida a establecer los genotipos propios de cada individuo o muestra estudiada. Ya contamos con fragmentos de ADN microsatélite amplificados durante la reacción de PCR a partir de diferentes evidencias biológicas de la escena del crimen o de personas de referencia como víctimas o sindicados. También puede tratarse de muestras de sangre de un caso de paternidad.

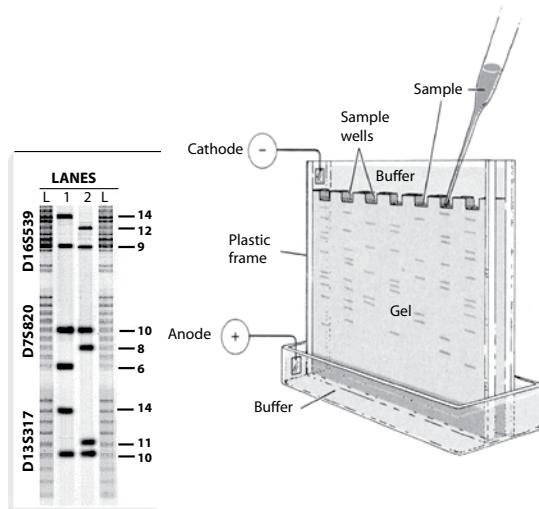
En este momento necesitamos recordar que el genotipo de un locus microsatélite está definido por los dos alelos que habíamos designado con números iguales si el individuo era homocigoto, o con números diferentes si se trata de un heterocigoto. Pues bien ahora es el momento de visualizar los alelos de un individuo y el método que nos permite hacerlo se llama La Electroforesis.

Imagine ahora que esta usted presenciando una carrera de 100 metros a través de la tupida selva virgen africana y los atletas son: un nativo pigmeo africano (famosos por su baja talla) y segundo nativo esta vez de la tribu Watussi (famosos por su gran estatura). ¿Quién cree usted que gane la carrera? ¿Esperaría el mismo resultado si la competencia se desarrollara a través de un terreno plano y sin obstáculos?

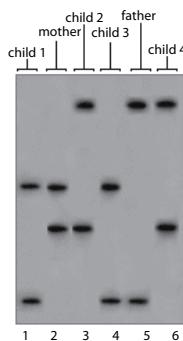
Obviamente el nativo más pequeño tendrá mayor facilidad para desplazarse entre los pequeños espacios que deja la espesura del bosque, mientras que al Watussi le estorbarán sus largas extremidades para avanzar entre la selva.

Creo que la carrera de la selva es un buen modelo para entender la electroforesis. Los atletas de diferente talla están representando fragmentos de ADN de dos tamaños diferentes que se obtienen de una persona heterocigota luego de la PCR en el tubo de ensayo. Nuestro problema es identificar cada alelo con el número adecuado, recuerde que cada alelo microsatélite se diferencia de otro por su tamaño: Un alelo “7” es aquel que posee 7 veces repetida una misma palabra de ADN y por lo tanto posee cierta longitud en pares de bases, por ejemplo 200pb. Si el individuo es heterocigoto 7/10 tendrá entonces un segundo alelo que posee 10 veces repetida la misma palabra anterior, solo que este alelo es de mayor longitud que el primero, por ejemplo 212pb. Inicialmente ambos alelos durante una electroforesis se encuentran en la línea de partida y no podemos diferenciarlos, debemos dejar que avancen en la carrera hasta que uno (el mas pequeño) tome la delantera y se distancie del otro. En realidad, los alelos son impulsados por corriente eléctrica a través de una gelatina que ofrece la misma resistencia que

la espesura de la selva, de modo que los fragmentos de ADN mas cortos tendrán mayor movilidad durante la electroforesis.

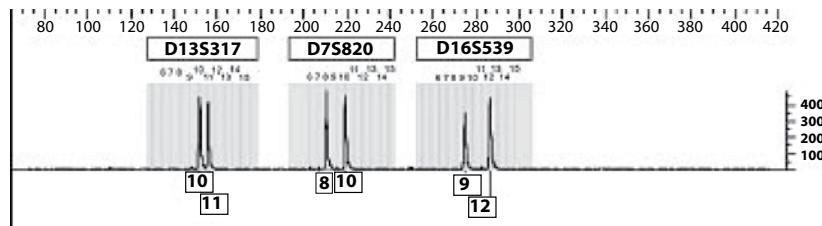


En la electroforesis analizamos las muestras que nos interesa cotejar en la investigación, cada alelo aparece como una mancha de bordes definidos que generalmente llamamos “*banda electroforética*” finalmente comparamos las bandas detectadas en una evidencia con las de la persona de referencia, de la misma manera podemos comparar las bandas obtenidas de un menor y compararlas con las de su madre y las de su presunto padre. Si se trata de sus padres biológicos, estos deberán compartir una banda electroforética con su hijo.



La tecnología actual disponible en nuestro medio permite asignar el tamaño de un alelo de forma automática a partir de los resultados de una electroforesis. Los equipos que hacen este trabajo los conocemos como **Secuenciadores Automáticos**.

ticos de ADN. Esta tecnología permite marcar con colores los alelos de un locus y detectar su señal fluorescente al pasar delante de un rayo laser en cierto momento de su recorrido en la electroforesis. Esta señal es traducida por el computador a un gráfico de picos llamado electroferograma. Ahora cada pico del gráfico es un alelo de modo que un individuo homocigoto generará una sola señal y en su lugar un heterocigoto producirá dos señales fluorescentes.



2.2.3 CONFIABILIDAD DE LA PRUEBA GENERADA A PARTIR DEL NIVEL DE CERTEZA DEL RESULTADO GENÉTICO

Quizás, uno de los argumentos mas usados para contradecir la prueba genética es el de cuestionar el nivel de certeza que genera un resultado particular de coincidencia, aunque debemos reconocer que la crítica pericial en este sentido si bien es común, es la menos fundamentada. Para empezar es necesario aclarar que la prueba de ADN, es susceptible de error tanto en el resultado coincidente como en el excluyente aunque frecuentemente se cree que solo existe incertidumbre en la coincidencia de perfiles genéticos. En realidad, detrás de un resultado excluyente pueden existir varios tipos de error humano o de circunstancias genéticas particulares.

El Resultado Excluyente en criminalística y paternidad

Observe la siguiente tabla de resultados obtenida en la investigación de un acceso carnal violento:

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
HUMvWA31	16/18	12/15
HUMFGA	20/24	20/22
D7S20	8/8	10/10
D3S1358	12/16	12/16
D16S231	9/9	9/14
D12S391	13/15	14/15
D21S11	9/10	12/13

Encontrará usted 5 loci en los cuales no hay coincidencia entre las muestras probadas. Este tipo de resultado se conoce como EXCLUSION y contesta a la pregunta planteada originalmente por el investigador: Pudo la evidencia (E) haberse originado en el sospechoso (S)? R/ No!, o dicho de otra manera, El sospechoso (S) pudo haber sido el origen de la evidencia (E)? R/ No!

Intento que usted reconozca una jerarquía entre los resultados excluyentes de la tabla anterior, teniendo en cuenta cuales de ellos generan la mayor probabilidad de error. Analicemos el primero:

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
HUMvWA31	16/18	12/15

Observe que se detectaron 4 alelos diferentes entre las dos muestras analizadas: 12, 15, 16 y 18 ya que el violador es heterocigoto 16/18 y el sospechoso es un heterocigoto distinto: 12/15. Este es el mejor resultado negativo que puede obtenerse al cotejar dos muestras ya que no existe la posibilidad de que el analista haya “dejado de ver” un alelo que estaba presente en la evidencia. Ahora compare este resultado con la siguiente exclusión de la tabla.

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
HUMFGA	20/24	20/22

Podrá observar que tanto E como S comparten el alelo 20, es decir solo un alelo diferencia las muestras. Podría pensarse que el analista cometió un error al leer los genotipos y reportó como 22 el alelo que en realidad era el alelo 24, con lo cual el sospechoso no se excluiría como el origen de E. En un escenario más crítico aun, observe la tercera exclusión de la tabla:

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
D7S20	8/8	10/10

Ante este resultado, el crítico podría decir que el analista se equivocó al asignar los alelos tanto en la muestra E como en la muestra S, ya que no detectó el alelo 10 en la muestra E, ni el alelo 8 en la muestra S, porque según él, la evidencia podría haber sido heterocigota 8/10 al igual que el sospechoso y esto no sería una exclusión.

El perito podría replicar que la asignación errada de un genotipo es más posible cuando se analizan muestras degradadas, situación que puede observarse en las evidencias recogidas de la escena del crimen o de restos óseos antiguos, pero que las muestras de referencia, como la del sospechoso S, son generalmente muestras tomadas en el mismo laboratorio donde puede controlarse su preservación y ofrecen un alto nivel de seguridad en manos de un perito entrenado, así que un resultado homocigoto en S es fácilmente reproducible.

Quizás, esta discusión sea más justa en el siguiente resultado:

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
D16S231	9/9	9/14

La evidencia E nos dio homocigoto 9/9 en el laboratorio y el sospechoso S comparte el alelo 9 con la evidencia siendo heterocigoto 9/14. En este caso, dependiendo de la calidad observada en la muestra de semen, es decir, si el perito recuperó muy poca muestra de espermatozoides y además recibió una muestra antigua y descompuesta, el podría esperar que el ADN en la evidencia estuviese muy degradado. Cuando es este el escenario, es posible que durante la PCR solo podamos amplificar los alelos más pequeños de un heterocigoto y perdamos el alelo mayor del genotipo de la evidencia. Así, no puede descartarse que en la evidencia sí existía el alelo 14 y que en realidad se trataba de un violador de genotipo 9/14 como el sospechoso, con lo cual no sería un resultado excluyente real.

Como usted podrá observar, la conclusión de un caso se obtiene después de analizar todos los loci estudiados con lo cual el perito podrá generar un resultado de exclusión final si cuenta con número amplio de loci excluyentes. Actualmente y como estándar de calidad el acuerdo internacional es el de analizar tantos marcadores como sean necesarios hasta obtener un mínimo de tres resultados excluyentes.

Analicemos ahora el resultado excluyente en una investigación de la paternidad en personas vivas. En estos casos y a diferencia de las muestras de la escena del crimen, el laboratorio cuenta con muestras frescas y bien preservadas, de modo que el error generado por degradación del ADN debería ser despreciable. No obstante, el problema vuelve a aparecer cuando investigamos la paternidad en restos óseos antiguos y muy degradados. Veamos la siguiente tabla de resultados:

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo
HUMvWA31	16/18	12/15	15/21
HUMFGA	20/24	20/22	20/23

De nuevo, si padre e hijo son heterocigotos diferentes, como sucede en el primer locus, es decir entre ellos se reúnen 4 alelos distintos, tendremos una exclusión de la paternidad de muy alto valor ya que existe muy poca probabilidad de que el perito haya cometido un error en la lectura de la electroforesis. En el segundo locus aunque el alelo 20 es compartido por los tres individuos, el hijo vuelve a tener un alelo que no está presente ni en la madre ni en el padre, por lo tanto es también una exclusión valiosa. Se conoce como *Exclusión de primer orden.* (Ref 6)

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo
D7S20	8/8	10/12	10/10
D3S1358	12/16	12/16	12/16
D16S231	9/9	9/9	9/10
D12S391	13/15	14/15	14/15
D21S11	9/10	12/13	12/12

Ahora, en el locus D7S20 el padre y el hijo son homocigotos diferentes, este caso plantea ya no solo la posibilidad de que el perito haya cometido un error de apreciación al leer una electroforesis si no también la posibilidad de que hay ocurrido un evento de mutación sobre el ADN de uno de los cromosomas del padre.

Aclaramos que si en la electroforesis observamos un solo alelo en un individuo, lo designamos como homocigoto suponiendo que ese locus presenta los mismos alelos en el par cromosómico. Suponga usted que el padre es heterocigoto 8/9 y que el cromosoma donde porta el alelo 9 presenta una mutación en la secuencia del ADN justo en el sitio vecino al microsatélite donde se une uno de los dos iniciadores de la PCR. De ser así, el alelo 9 no podría ser amplificado y por lo tanto no podríamos detectarlo y solo veríamos el alelo 8 del otro cromosoma donde no existe la mutación, concluyendo erróneamente que se trata de un individuo homocigoto 8/8 cuando en realidad era 8/9.

Ahora supongamos que este individuo es precisamente el presunto padre de nuestro ejemplo y que además ha heredado a su hijo el cromosoma que porta la mutación que no podemos detectar. De esta manera en el hijo solo podremos observar el cromosoma que heredó de su madre, donde venía el alelo 10. Nuevamente, como solo vemos un alelo suponemos erróneamente que el hijo es homocigoto 10/10 y no es así. Como usted ya habrá deducido, en realidad en el locus D7S20 el presunto padre no se excluiría como padre biológico del menor. A este

alelo “fantasma” se le conoce como **alelo nulo (null)** y a este tipo de resultado se le conoce como **exclusión de segundo orden**. (Ref 6)

Ahora, analicemos una de las críticas más comunes hechas por los abogados al resultado excluyente tanto en paternidad como en criminalística, que generalmente se plantea con las siguientes preguntas: Si el sospechoso se excluye como origen de la evidencia, como se explican las coincidencias encontradas en algunos loci como el D3S1358?

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
D3S1358	12/16	12/16

O también: Como se explica que el presunto padre tenga alelos compartidos con el menor en algunos loci, cuando el perito ha concluido que la prueba demuestra una exclusión de paternidad?

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo
D3S1358	12/16	12/16	12/16
D12S391	13/15	14/15	14/15

Es mas, la pregunta puede llegar acompañada de una interpretación probabilística: Si usted analizó 10 marcadores y encontró 5 exclusiones, su resultado es contradictorio ya que el acusado tiene un 50% de posibilidades de ser el padre y un 50% de no serlo!! Lo cual es totalmente errado.

El juez debe tener muy claro que si un individuo no es el padre biológico, la prueba del ADN es tan valiosa que logra detectar generalmente varias exclusiones (generalmente mas de 4 exclusiones) cuando se analizan suficientes marcadores (generalmente mas de 9). La presencia de resultados no excluyentes en este caso no debe sorprender al juez. Si hemos aprendido que los mismos alelos de un locus polimórfico pueden repetirse entre individuos de una misma población que no tienen ninguna relación de parentesco, un falso acusado de la paternidad puede compartir algunos alelos con el demandante sin tener ningún vínculo de parentesco con él. Es posible además que la situación se explique porque estos alelos compartidos por casualidad tengan frecuencias altas en la población.

Dicho de otra manera, si el acusado de la paternidad no es el padre biológico debemos detectar varias exclusiones que demuestran la no – paternidad y algunas no exclusiones explicadas por azar, que no modifican en absoluto la conclusión. En su lugar, cuando el acusado es en realidad el padre biológico, no debería mos encontrar ningún resultado excluyente. A esta última afirmación le cabe

una excepción: Los microsatélites, los polimorfismos mas utilizados en todo el mundo para la identificación humana, pueden sufrir mutaciones de un padre a un hijo y podemos encontrar aparentes exclusiones que en realidad no lo son. Afortunadamente, estos eventos son muy raros (1 de cada 1000 o 10000 casos) y son fácilmente detectables por el perito ya que se presentan como una exclusión única al lado de los demás marcadores que son compatibles con la paternidad. Cuando se presenta esta situación, el laboratorio amplia la tipificación a todos los marcadores de que dispone buscando encontrar al menos 2 resultados excluyentes adicionales lo cual es altamente improbable o incrementar la **Probabilidad de paternidad** que se tenía con los marcadores compatibles.

El Resultado No Excluyente en criminalística y paternidad

Hemos llegado a uno de los temas de mayor interés en el debate de la confiabilidad de la prueba. Ahora, la prueba de ADN demuestra coincidencias totales entre la evidencia y el sospechoso del crimen o, en el escenario de la filiación, se observa que los alelos del hijo, que deben haberse heredado de su padre biológico los posee el acusado de la paternidad en todos los loci analizados. En cada caso la conclusión se reporta en términos de No-exclusión:

“El sospechoso no se excluye como el origen de la evidencia”

“El presunto padre no se excluye como el padre biológico del menor”

a diferencia de lo que pueden pensar muchos investigadores y abogados con este resultado no concluye la prueba genética. Es aquí donde comienza la asignación de un valor de certeza al resultado coincidente dado por el científico y la valoración jurídica que el juez debe hacer sobre la prueba en el contexto de la investigación judicial. Las preguntas que deberíamos plantearnos ante estos resultados pueden ser las siguientes:

Dado el resultado genético, Cual es la probabilidad de que la evidencia provenga del sospechoso?

Cual es la probabilidad de que el presunto padre si sea el padre biológico?

Antes de tomar la calculadora, creo indispensable dar un primer debate sobre lo que significa para el científico asignar un valor de probabilidad a su hallazgo y lo que significa para el juzgador tomar una decisión a partir de la valoración de la duda o el nivel de creencia que posee sobre los hechos demostrados por las partes del proceso.

El científico intenta explicar los hechos naturales y ha sido entrenado para reconocer los fenómenos que se le presentan. Plantea diseños experimentales para demostrar que un hecho biológico por ejemplo, es consecuencia de una causa única

o múltiple y no el resultado del azar, para lo cual debe controlar su escenario de investigación descartando otras posibles influencias sobre su resultado

Así, ante un hallazgo científico debe calcular el nivel de error posible antes de relacionar una causa con un efecto particular, en otras palabras requerimos medir nuestro nivel de incertidumbre y una medida de la incertidumbre es la probabilidad.

Donde está entonces el posible error de la prueba genética? La pregunta es aun muy amplia y debería contestarse en términos de lo tratado en toda esta unidad: La evidencia es auténtica? La prueba fue realizada con control de calidad? , o finalmente, El resultado genético es suficientemente probable para tomar una decisión judicial?

Ya hemos debatido las dos primeras preguntas, vamos a concentrarnos en la tercera. Donde está el posible error de un resultado genético coincidente? Y lo que es aun mas importante: Cuanto vale dicho error posible?

Para empezar, quiero que usted reconozca en un cotejo genético criminalístico, cuales son los vínculos genéticos que ligan a un sospechoso con una evidencia y los compare con los que ligan en una investigación de paternidad al hijo (H) con el presunto padre (PP). En el primer caso me refiero a los genotipos (parejas de alelos) coincidentes entre E y S y en el segundo caso a los alelos compartidos entre H y PP.

INTERPRETACIÓN DE LAS PRUEBAS DE ADN EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL

Ante una coincidencia total de genotipos entre la evidencia y el sospechoso existen dos hipótesis posibles, que coinciden con la formulación de acusación y con la replica de la defensa del sindicado:

Locus microsatélite	Semen en frotis vaginal (E)	Sospechoso de la violación (S)
HUMvWA31	16/18	16/18
HUMFGA	20/24	20/24
D7S20	8/8	8/8
D3S1358	12/16	12/16
D16S231	9/9	9/9
D12S391	13/15	13/15
D21S11	9/10	9/10

Acusación: Los perfiles genéticos coinciden porque el Sindicado es el violador y dejó su semen en la víctima.

Defensa: Los perfiles genéticos coinciden por casualidad, ya que el sindicado no fue el violador, con lo cual existe un desconocido que es el violador y posee el mismo perfil genético del sindicado.*

El perito evalúa sus resultados genéticos con respecto a cada hipótesis y los presenta informando cual de las dos es mas probable y además que tanto mas probable es una hipótesis que otra.

Conceptos de Probabilidad

Ya hemos introducido algunos conceptos de probabilidad cuando vimos las frecuencias de los genes en las poblaciones humanas en la primera unidad. Usted quizás está familiarizado con el concepto de probabilidad como la frecuencia en que puede suceder un evento. Recuerde que las frecuencias de los alelos de un locus en una población de personas permiten establecer la probabilidad de encontrar un individuo que posea un alelo determinado. Ahora es el momento de avanzar en el concepto de probabilidad ya que involucra la competencia del juzgador y el abogado frente al resultado genético.

La teoría de la probabilidad tiene más de 250 años y nace del intento de entender los juegos de azar seguramente con la intención de tener ventajas sobre los demás competidores. En ese sentido, probabilidad es la posibilidad de ocurrencia de un evento que nos interesa, para lo cual debemos conocer muy bien todos los posibles eventos que puedan darse si no se da el evento investigado. Luego, planteamos una relación numérica entre el evento buscado y todos los posibles eventos siempre que estos sean igualmente probables.(Ref.10)

Veamos un caso común, si deseamos saber cual es la probabilidad de obtener un número par en un lanzamiento de un dado, tenemos que conocer cuales son los resultados posibles si la hipótesis “Cae en un número par” es cierta. Estos serían obviamente 2, 4 o 6. La probabilidad de ese evento sería 3 de los 6 posibles. Una forma de expresarlo es haciendo la división $3/6 = 0,5$.

Si queremos saber la probabilidad de que el dado caiga en un número mayor que 2, El evento “Cae en un número mayor que 2” es cierto solo si el resultado es 3, 4, 5 o 6. Así que el valor será $4/6 = 0,66$

En general si todos los resultados son igualmente probables la probabilidad del evento es:

Probabilidad de la Hipótesis = Número de resultados favorables a la hipótesis / Número total de resultados posibles

La definición incluye la condición de que los resultados posibles deben ser igualmente probables así que la definición es circular. En un juicio criminal, la

corte se ocupa de evaluar el evento incierto de si el sindicado cometió el crimen y no existe posibilidad de visualizar un número de posibles eventos igualmente probables.

Definir probabilidad como una frecuencia es la base de la escuela del pensamiento estadístico conocido como escuela frecuentista o clásico. Si ahora lanzamos el dado muchas veces podremos observar que en promedio el 50% de ellas, el resultado será un número par como lo habíamos pronosticado antes. La probabilidad podríamos definirla ahora como el límite al que tiende la ocurrencia de un evento si este se repitiera un número indefinido de veces en iguales condiciones. (**Ref. 10**)

La definición por frecuencia sin embargo tiene limitaciones. Solamente puede aplicarse a variables aleatorias. Este tipo de probabilidades son muy diferentes a las probabilidades que preguntamos en la vida diaria. Si preguntamos Que tan probable es la vida en Marte? No es un útil imaginarse una infinita colección de planetas iguales a Marte . Esta pregunta no puede ser respondida desde el frecuentismo . tenemos un problema similar cuando hablamos de casos en la corte. La pregunta Cual es la probabilidad de que el semen sea del acusado tiene solo dos respuestas en el sentido frecuentista: es de él o no es de él, es decir la probabilidad es 1 o es 0.

Un crecido numero de estadísticos se han mostrado insatisfechos con la definición frecuentista de probabilidad y sus consecuencias lo cual nos trae a la segunda gran escuela del pensamiento llamada Bayesiana o Subjetivista en ella se reconoce la probabilidad como una medida del grado de creencia. Esta definición se ajusta más a la teoría de la decisión judicial. El juez puede tener un grado de creencia *a priori* sobre la culpa del sindicado con la información no genética que ha recibido tanto de la parte acusadora como de la defensa. En este modelo, la prueba genética aporta una valor de verosimilitud del hallazgo genético que le permite al juez incrementar notablemente su creencia previa.

El modelo bayesiano permite definir con independencia las competencias del juez y del científico. El perito tiene responsabilidad en asistir al investigador en la interpretación de un hallazgo o incluso en capacitarlo en lo referente a otros cotejos posibles que pueden ser útiles en el caso y en

Asistir al juez en la interpretación de la prueba es decir en la significancia de su evidencia

Al investigador le interesa saber si cuenta con suficiente evidencia para llevar el caso a la corte, si esto sucede, el fiscal intentará convencer al juez de la culpa del sindicado. La culpa no es algo que se relacione nunca con el hallazgo genético. Es competencia del juez determinarla y nunca del perito, ni tampoco un

abogado puede pedirle al perito en un interrogatorio que explique sus resultados en términos de culpa o de inocencia. En nuestro caso, como dijimos antes, el sospechoso puede reconocer que la evidencia proviene de él y presentará alguna explicación creíble por la cual él ha estado en la escena del crimen sin comprometer su inocencia. En el caso de la violación el sospechoso podrá argüir que la víctima aceptó tener relaciones sexuales voluntarias con él.

Si el caso llega a la corte, el fiscal propondrá al juez que el sospechoso dejó la evidencia en la escena durante el crimen y esta será su hipótesis de acusación (Ha). Esta y otras hipótesis relacionadas con evidencia adicional constituirán su teoría del caso y serán sustentadas con el testimonio de testigos expertos o presenciales, entre ellos el genetista. Cuando aún no se conoce la declaración del testigo experto en genética, esta información previa que ya tiene el juez, la llamaremos evidencia no-genética (I).

Podemos plantear una ecuación de probabilidad condicional sobre ella así: $P(Ha / I)$. Luego de conocerse el hallazgo genético, la Ha estaría también condicionada por el genotipo de la Evidencia (Ge) y por el genotipo del sindicado (Gs) así: $P(Ha / Ge, Gs, I)$. Ahora bien, nuestro hallazgo genético es que el perfil de ADN de la evidencia es idéntico al del sospechoso, en otras palabras $Ge = Gs$ así que podemos reemplazar los dos términos por uno solo que llamaremos E (por evidencia) y la ecuación quedaría así:

$$P(Ha / E, I)$$

Para resolver esta ecuación con métodos bayesianos necesitamos plantearnos hipótesis alternativas a Ha , lo cual es más simple si se propone una sola hipótesis alternativa. Afortunadamente la dinámica judicial genera solo una proposición alterna, la del defensor, cuya hipótesis será entonces, la evidencia fue dejada por alguna otra persona en la escena, diferente al sindicado (Hd). Claramente Ha y Hd son mutuamente excluyentes.

Este es el **primer principio de interpretación de la evidencia genética (Ref.10)**: Para evaluar la incertidumbre de una hipótesis dada, es necesario evaluar al menos una hipótesis alternativa. Podemos entonces valorar la razón entre las proposiciones del fiscal y del defensor para los dos tipos de evidencia Genética y No-genética así:

$P(Ha / I) / P(Hd / I)$ a lo cual llamaremos Probabilidades a priori (no genéticas) en favor de Ha y

$P(Ha / E, I) / P(Hd / E, I)$ a las probabilidades a posteriori (genéticas y no-genética) en favor de Ha .

Utilizando la estadística Bayesiana, es posible obtener la relación entre las probabilidades *a priori* y *a posteriori* así:

$$\frac{P(Ha / E, I)}{P(Hd / E, I)} = \frac{P(E / Ha)}{P(E / Hd)} \times \frac{P(Ha / I)}{P(Hd / I)}$$

Esta ecuación es de trascendental importancia ya que establece las competencias entre el perito y el juez. Este último necesita responder las siguientes preguntas: Cual es la probabilidad de que la hipótesis del fiscal sea cierta $P(Ha / E, I)$ y Cual es la probabilidad de que la hipótesis de la defensa sea cierta $P(Hd / E, I)$ en su lugar al perito genetista le interesa Cual es la probabilidad de la coincidencia de los perfiles de E y S suponiendo que la hipótesis del fiscal sea cierta y cual la probabilidad del mismo hallazgo genético si la hipótesis del defensor es cierta. Este último cálculo se conoce como la **Razón de Verosimilitud** o LR (*Likelihood ratio*).

$$LR = \frac{P(E / Ha)}{P(E / Hd)}$$

Lo anterior define el **segundo principio de la interpretación de la prueba**: El científico siempre responde a la pregunta cual es la probabilidad de la evidencia dadas las hipótesis. La probabilidad opuesta es de interés del juez.

El numerador del LR en un caso simple como el que hemos usado de ejemplo es muy simple de calcular:

La probabilidad del hallazgo genético, es decir la probabilidad de que el genotipo de la evidencia pueda ser asignado sin error al sospechoso bajo la hipótesis de la acusación será igual a 1. En otras palabras podemos preguntarnos que tan probable es que encontremos coincidencia entre el genotipo del semen y el sindicado si es cierto que este fue realmente el violador? Planteado de esta manera, que no es otra cosa que la teoría del fiscal, dicha probabilidad alcanzará el máximo valor. Este valor será menor de 1 si en la evidencia encontrásemos alelos adicionales a los del sospechoso y no tenemos otra persona más para explicarlos o si no.

El denominador del LR nos lleva a pensar en la propuesta alternativa que hace la defensa ante el mismo hallazgo genético. Si el semen no viene del sospechoso puede venir de un individuo desconocido de la misma población que estuvo en capacidad u oportunidad de cometer el crimen. (**Población de referencia**).

Así, el cálculo se puede traducir en la probabilidad de encontrar el perfil genético coincidente en dicha población y dependerá entonces de las frecuencias genotípicas estimadas en ella a través de un muestreo poblacional representativo de la población. Veamos de nuevo nuestro ejemplo.

Locus microsatélite	Genotipo coincidente entre E y S	Frecuencias genotípicas en la población de referencia*
HUMvWA31	16/18	0,25
HUMFGA	20/24	0,18
D7S20	8/8	0,25
D3S1358	12/16	0,32
D16S231	9/9	0,4
D12S391	13/15	0,37
D21S11	9/10	0,47
	Total**	0,001

*Recuerde que estos valores pueden ser calculados a partir de las frecuencias alélicas siempre que la población se encuentre en equilibrio Hardy Weinberg. (Véase Primera Unidad)

** Las frecuencias genotípicas son eventos independientes por lo tanto podemos aplicar la Regla del producto para estimar la probabilidad de encontrar un individuo que presente al mismo tiempo todos los 7 genotipos del ejemplo.

El valor del LR estaría dado por la siguiente razón: $LR = 1 / 0,001$

Lo que nos daría un valor cercano a 1000. Este valor nos esta informando el número de veces en que el hallazgo genético es mas probable bajo la hipótesis de la acusación que bajo la hipótesis de la defensa y se espera que el juez incremente su grado de creencia a priori de la culpa del sindicado en este número de veces. El perito generalmente lo informa así: Es 1000 veces mas probable el hallazgo genético (la coincidencia) si el sospechoso es el origen de la evidencia, que si la muestra proviniese de otra persona desconocida de la misma población.

La presentación de resultados en términos frequentistas vs bayesianos

Es difícil imaginarse a los jueces del mundo, con calculadora en mano multiplicando su creencia a priori de la culpa por el LR aportado por el genetista. En Norteamérica, existe una resistencia natural a presentar la evidencia en forma de un LR argumentando que es innecesariamente complicado para que el juez lo interprete. Porqué no darle al juez solamente la frecuencia relativa del perfil genético coincidente en la población de referencia? En un caso simple como el que hemos usado de ejemplo, la frecuencia relativa es tan útil como el LR. El perito podría presentar sus resultados diciendo que el perfil genético coincidente

entre la evidencia y el sospechoso lo tiene 1 de cada mil personas en la población de referencia.

El problema quizás esta ahora en la interpretación errónea que hacen las partes sobre un resultado presentado como una frecuencia poblacional y finalmente, lo que es más preocupante, en la valoración que hace el juez sobre el caso. Hemos visto como estos valores pueden llegar a impresionar a un juez o un jurado de tal forma que se llegue a proferir un fallo contra el acusado basado exclusivamente en un resultado genético sin cuestionar o al menos investigar la confiabilidad de la prueba. Veamos cual es la dinámica interpretativa mas común en los estrados judiciales sobre la presentación de una frecuencia poblacional.

El perito puede decirlo asi:

“La posibilidad de observar este perfil genético en otra persona diferente al sospechoso es de 1 en 1000” un error común es reinterpretar esta frase asi: “La posibilidad de que la muestra venga de otra persona es de 1 en 1000”. La primera frase en términos estadísticos dice:

$$P(E/Ha) = 1 \text{ en } 1000$$

Y la segunda frase dice:

$$P(Ha/E) = 1 \text{ en } 1000$$

En otras palabras la segunda frase puede también presentarse así: La probabilidad de que el perfil genético venga de alguna otra persona diferente al sospechoso es 1 en 1000, por lo tanto existe una probabilidad del 99,9% de que venga del sospechoso. Esta interpretación aunque numéricamente lógica es altamente sesgada contra los intereses del acusado y puede predisponer la opinión del juez a favor de la culpa. De hecho se trata de conclusión equivocada que hace el fiscal y se conoce como la *Falacia del Fiscal*. Curiosamente existe otra interpretación esta vez proveniente de la defensa que también altera el significado real del calculo frecuentista y que dice lo siguiente: Si el perfil del la evidencia lo tienen 1 de cada 1000 personas en la población, en una ciudad de 1 millón de habitantes habrán 1000 posibles culpables. Esta vez el defensor asume igual probabilidad de culpa para las 1000 personas que tienen el mismo perfil genético y asigna una probabilidad de culpa de 1 milésima (es decir 0,001) a quien tenga el mismo tipo genético. Esta es la *Falacia del defensor* .(Ref.10)

Bajo el modelo bayesiano, preguntas como Cual es la probabilidad de que la evidencia provenga del sospechoso, dependen solamente del juez y no solo del

resultado del estudio de ADN. Por lo cual no es frecuente observar este tipo de interpretaciones erróneas.

Un caso mas complejo es la interpretación de probabilidades cuando en la evidencia se detectan mezclas de alelos de mas de una persona. Imagine que se ha detectado en la escena del crimen una mancha de sangre en la cual se observaron tres alelos para un mismo locus. (Ej 14 / 16 / 17) y se tienen dos sospechosos heridos: uno es heterocigoto 14/16 y el otro heterocigoto 16/17. Esta vez la pregunta es diferente: Que tan probable es que la evidencia se haya originado en los dos sospechosos vs que tan probable es que provenga de dos personas desconocidas? En este caso el perito reporta un LR en el cual se estiman dichas probabilidades bajo las hipótesis de la acusación y de la defensa.

Terminemos entonces enunciando el **tercer principio de la interpretación de las pruebas genéticas:** La interpretación científica esta condicionada no solamente por las hipótesis relacionadas con la evidencia genética si no también por el contexto de circunstancias bajo las cuales ellas son evaluadas.

INTERPRETACIÓN DE LAS PRUEBAS DE ADN EN LA INVESTIGACIÓN DEL PARENTESCO

Investigación de la paternidad biológica

Espero que usted observe con esta unidad que la interpretación de las pruebas genéticas aplicadas a investigar el parentesco siguen los mismos principios enunciados para la prueba forense. Aun así es importante que usted se familiarice con los cálculos de probabilidad que acompañan un informe pericial en el estudio del parentesco y la filiación.

La siguiente es una tabla de resultados obtenidos en un caso de paternidad:

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo	AOP*
D3S1358	14/17	13/19	13/14	14
FGA	22/24	19/22	19/24	24
TPOX	8/10	8/8	8/8	8
CSF1PO	9/12	9/11	9/11	9 u 11
D5S818	11/13	12/14	11/12	11
D13S317	9/12	12/12	12/12	12
VWA31	15/19	15/19	15/19	15 o 19
TH01	9.3/9.3	9.3/9.3	9.3/9.3	9.3

* Alelo que le hijo hereda obligatoriamente de su padre biológico

Como puede observar, el presunto padre (**PP**) comparte el hijo (**H**), un alelo en cada locus analizado. (Columna AOP). El otro alelo del hijo lo ha heredado de su madre (**M**).

La hipótesis **Ha** que vimos en el caso forense relacionada con la intención del fiscal, ahora corresponde a la afirmación de la madre en la cual acusa al presunto padre de ser el padre biológico del menor. La hipótesis de la defensa **Hd** corresponde ahora a la afirmación del acusado quien niega la paternidad y se traduce en que otro hombre es el padre biológico.

Ha: *PP es el padre de H*

Hd: *PP no es el padre de H, luego otro hombre es el padre de H*

Los informes periciales en paternidad se presentan acompañados de dos cálculos de probabilidad: el **Indice de Paternidad (IP)** que es equivalente al **LR** que ya hemos explicado en los casos criminalísticos y la **Probabilidad de Paternidad (W)** que es similar a las probabilidades *a posteriori* que presentamos en la interpretación Bayesiana de los casos forenses. Adicionalmente los genetistas calculamos la **Probabilidad de exclusión** de un marcador, aunque este valor no se incluye en los dictámenes.

Aunque la Probabilidad de paternidad (W) es uno de los cálculos mas familiares para el juez de familia y esta incluida expresamente en la Ley colombiana (Ley 721 de 2001) como un estándar de calidad al igual que en otros países, esta se basa en un cálculo arbitrario de probabilidad a priori al cual se le ha dado el valor de 0,5. Recuerde que una probabilidad de 0,5 indica que es tan probable que el evento suceda como que no suceda. Para nuestro caso indicaría que antes de realizada la prueba genética, el presunto padre tiene la misma probabilidad de ser el padre biológico como de no serlo. Esto afecta el valor W y puede establecerse entonces una correspondencia entre IP y W como se muestra en la tabla siguiente solo para un valor de probabilidad a priori de 0,5.

Indices de paternidad	1	10	100	1000
Valores de W	0,5	0,909	0,990	0,999

En general, si fijamos la probabilidad a priori en 0,5, el valor W será igual a:

$$W = IP / IP + 1$$

Un valor diferente de probabilidad a priori modificaría los cálculos de W y correspondería al valor que puede darle el juez al conocimiento que tiene del caso

a partir de pruebas no genéticas. No conozco ningún país donde el juez valore cuantitativamente la información a priori y la incluya en el cálculo de W.

Por esta razón, el valor del IP parecería el indicador más adecuado para interpretar el resultado de paternidad.

Analicemos el primer locus estudiado en el caso D3S1358:

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo	AOP*
D3S1358	14/17	13/19	13/14	14

El IP es la razón entre dos probabilidades que ya mencionamos y podrían enunciarse de la siguiente forma:

Probabilidad de los genotipos de PP, M y H dada la hipótesis Ha

Probabilidad de los genotipos de PP, M y H dada la hipótesis Hd

Lo cual puede presentarse al juez como los valores X y Y:

La probabilidad de que una pareja con los genotipos del PP y M tengan un hijo con el genotipo de H (Valor X)

La probabilidad de que una pareja conformada por M y otro hombre de la población tengan un hijo con el genotipo de H (Valor Y)

De esta manera es más fácil hacer los cálculos, veamos:

Una pareja formada por dos heterocigotos diferentes generarán 4 posibles hijos todos heterocigotos distintos y cada uno tendrá una probabilidad de 0,25

		<i>Padre</i>	
		14	17
<i>Madre</i>	13	13/14	13/17
	19	14/19	17/19

$$\text{Valor } X = 0,25$$

Si el PP no es el padre biológico como se argumenta en la **Hd** el valor Y dependerá de la probabilidad de que la madre herede a su hijo un alelo, lo cual está en función de que ella sea homocigota o heterocigota (cuyo valor será 1 o 0,5 respectivamente) y de la probabilidad de que un hombre desconocido de la misma población de donde proviene el caso le haya heredado el alelo obligado paterno al menor, lo cual depende de la frecuencia poblacional del alelo. Así, en el ejemplo

del locus D3S1358, la madre es heterocigoto 13/19 y por lo tanto hereda el alelo 13 a su hijo con una probabilidad de 0,5. Nos queda el alelo 14 del hijo, el cual debe venir de un individuo desconocido de la población. La frecuencia del alelo 18 en Bogotá es de 0,1, es decir el 10% de la población puede tener este alelo.

Como estos dos valores (0,5 y 0,1) corresponden a eventos independientes, aplicamos la regla del producto de probabilidades obteniendo que el Valor Y será:

$$\text{Valor } Y = 0,5 \times 0,1 = 0,05$$

Podemos ahora calcular el IP y el W para este primer locus como X/Y:

$$IP = 0,25 / 0,05 = 5$$

$$W = 5 / 5+1 = 0,833$$

Podrá observar que aún tenemos un valor muy bajo comparado con lo que exige la ley colombiana, por lo tanto es necesario continuar con el análisis de los demás loci microsatélite. Vamos colocando nuestros resultados en la tabla siguiente, a manera de ejercicio complete usted los cálculos para los loci que faltan.

Locus microsatélite	Valor X	Valor Y	IP	W
D3S1358	0,25	0,05	5	0,833
FGA				
TPOX	0,5	0,483	1,03	0,5
CSF1PO	0,25	0,175	1,428	0,588
D5S818				
D13S317				
VWA31				
TH01				
TOTALES				

Para el locus TPOX, la madre es homocigota

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo	AOP*
TPOX	8/10	8/8	8/8	8

		<i>Padre</i>	
		8	10
<i>Madre</i>	8	8/8	8/10
	8	8/8	8/10

$$\text{Valor } X = 0,5$$

La frecuencia del alelo 8 en Bogotá es de 0,483

$$\text{Valor } Y = 1 \times 0,483 = 0,483$$

$$IP = 0,5 / 0,483 = 1,03$$

$$W = 1,03 / 1,03+1 = 0,5$$

Veamos otro locus donde la madre y el hijo son heterocigotos iguales:

Locus microsatélite	Presunto padre	Madre	Hijo	AOP*
CSF1PO	9/12	9/11	9/11	9 u 11

El valor X sería:

		<i>Padre</i>	
		9	12
<i>Madre</i>	9	9/9	9/12
	11	9/11	11/12

$$\text{Valor } X = 0,25$$

Notará que no es posible definir el alelo paterno ya que pueden ser cualquiera de los dos: 9 u 11. Por esta razón para calcular el valor Y debemos considerar dos posibles eventos mutuamente excluyentes: La madre heredó el alelo 9 (Probabilidad 0,5 por que ella es heterocigoto) luego el padre desconocido le heredó el alelo 11 (cuya frecuencia en Bogotá es de 0,273) o la madre heredó el alelo 11 (Probabilidad 0,5 por que ella es heterocigoto) luego el padre desconocido le heredó el 9 (cuya frecuencia en Bogotá es de 0,077).

Las probabilidades de los dos eventos se suman

$$E1: 0,5 \times 0,273 = 0,1365$$

$$E2: 0,5 \times 0,077 = 0,0385$$

$$E1 + E2 = 0,175$$

$$\text{Valor } Y = 0,175$$

$$IP = 0,25 / 0,175 = 1,428$$

$$W = 1,428 / 1,428 + 1 = 0,588$$

Realice los cálculos que falten para completar los valores de X, Y, IP y W en la tabla anterior. Utilice una base de datos con frecuencias alélicas de Bogotá (Paredes, 2003)

Probabilidad acumulada de paternidad

Al juez le interesaría conocer el valor de probabilidad W y el valor de IP acumulados luego de realizar los cálculos de todos los 8 loci. Solo resta multiplicar todos los IPs obtenidos para obtener el IP acumulado y finalmente reemplazar el valor IP acumulado en la ecuación: $W = IP / IP + 1$. (**Ref 6**)

Población de referencia

Debería ser el juez quien informa al perito cual es la población que debe usarse para calcular el IP de un caso determinado. Para tomar dicha decisión deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. El individuo acusado de la paternidad es comparado con un “individuo al azar” de la población de referencia.
2. La población de referencia no es la población de origen de la madre, o del padre o aun del menor en cuestión, como frecuentemente se piensa.
3. La población de referencia se define como el entorno del caso forense. Más específicamente se refiere a aquella población de individuos que habitaban la región donde se cometió un ilícito en la época del mismo y estaban en capacidad o en oportunidad de cometerlo. Para el caso de la paternidad la población de referencia hace relación exactamente a la población masculina que pudo tener contacto con la madre para la época de la concepción.
4. Dada la dificultad de establecer dicho escenario, se propone en un sentido mas amplio que la población de referencia será aquella que incluya el contexto social de la madre para la época de la concepción.

Recordando el planteamiento inicial, puede concluirse que los estudios poblacionales son la herramienta única para validar un hallazgo de compatibilidad alélica en una prueba de paternidad. El juez tendrá entonces la posibilidad de cuantificar su grado de certeza sobre la filiación a partir del valor IP que le aporte el perito, calculado sobre una base de datos adecuada.

Colombia cuenta con varios estudios poblacionales realizados por diferentes instituciones, y publicados en revistas forenses reconocidas. (**Refs. 26, 27, 28, 29, 30**)

EL BUEN USO DE LA PRUEBA GENÉTICA EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y LA INVESTIGACIÓN DEL PARENTESCO

Cotejos genéticos de utilidad en la investigación criminal

Las transferencias de evidencias biológicas entre la escena y las personas que interactúan en ella son posibles principalmente en crímenes violentos. Una coincidencia de perfiles de ADN puede ser muy útil para demostrar la transferencia pero no habla de las intenciones que tuvo un individuo para cometer un crimen.

El investigador de la escena no puede pretender que el ADN resuelva por si solo el caso. Si bien se trata de una prueba con los altos índices de confiabilidad y un gran poder de identificación de personas, no permite contestar preguntas como: El sospechoso violó a la víctima? La mató? La hirió? Estas preguntas solo podrá contestarlas el investigador apoyado por evidencias directas. Desafortunadamente, la prueba genética se constituye generalmente como una evidencia circunstancial

Solo en ciertos tipos de casos, puede representar una prueba directa de la culpa de alguien en el hecho delictivo. Por ejemplo detectar la presencia de semen del sospechoso en la vagina, el ano o la boca de una víctima menor de edad asesinada. Mas aún si la transferencia de evidencia se da también desde la víctima o la escena hacia el sindicado. Este puede tener también rastros de sangre de su víctima en su ropa o en su piel.

Cuando no se trata de menores víctimas, el sindicado puede tener una coartada para explicar la presencia de su ADN en la escena. El podrá decir que estuvo en la escena pero en un tiempo distinto al de los hechos criminales. Podrá afirmar que la relación sexual fue consentida por su víctima, o que se manchó sus ropas con sangre de la víctima cuando trató de auxiliarla luego de que esta fue herida por otro individuo.

Son muy importantes, las transferencias que sugieren lucha, defensa o ataque o interacción violenta en general entre dos o mas personas. La sangre en ropas desagarradas tiene un significado generalmente distinto a la sangre sobre prendas intactas, las células epiteliales bajo las uñas de la víctima o del agresor, asociadas a una herida correspondiente en la otra persona son un hallazgo difícil de explicar por el agresor. Las muestras biológicas asociadas a huellas digitales

latentes en armas de fuego o cortopunzantes u objetos contundentes o la presencia de mezclas de sangre de la víctima y el sospechoso en una misma arma permitirán seguramente relacionar al sospechoso con los hechos violentos.

Alternativas de estudios genéticos en la investigación de la paternidad post-mortem

La ausencia del padre en la investigación de la paternidad supone la búsqueda de su perfil genético o el cotejo directo del hijo demandante con los restos óseos del causante.

El estudio de familiares permite deducir el genotipo del causante para realizar el cotejo con el supuesto hijo demandante. Existen varias alternativas para este estudio que dependen de los familiares disponibles, veamos los casos mas comunes.

CASO 1 Se cuenta con la madre e hijo demandantes y por otra parte con la Esposa e hijos del matrimonio

No siempre es fácil deducir un perfil genético del presunto padre fallecido que permita alcanzar un valor alto de probabilidad de paternidad. Esto depende del número de hijos con los cuales se deduce. Además existe incertidumbre sobre el genotipo del fallecido cuando deducimos un homocigoto, ya que este podría ser en realidad un heterocigoto pero la información de los familiares no permite detectarlo. En varios loci, es posible que no obtengamos los dos alelos del causante por lo cual es necesario analizar un número amplio de marcadores genéticos.

CASO 2 Madre e hijo demandantes y Abuelos Paternos presuntos

Este estudio es muy útil porque en el genotipo de los abuelos paternos deben estar los alelos del presunto padre, así, es posible detectar exclusiones con respecto al hijo demandante. Cuando no hay exclusión, los perfiles de los abuelos permiten deducir los de todos los posibles hijos entre los cuales debe estar el del presunto padre. Como usted verá ganamos incertidumbre porque no podemos saber cual es exactamente el perfil buscado, tan solo podemos comparar al hijo con todos los posibles padres deducidos de los abuelos.

En otros escenarios es posible que no contemos con mayor información de familiares para calcular la probabilidad de paternidad o que algunos de ellos no aporten ninguna información útil al caso. El Juez debe conocer estas limitaciones y proceder en estos casos a la segunda alternativa de estudio: La exhumación del cuerpo.

Es importante anotar que en el estudio de los familiares existen intereses sobre la tenencia de los bienes del causante y el juez debe asegurar al perito no solo la autenticidad de las muestras que va a procesar si no también el parentesco de las personas que se incluyen en la prueba.

Finalmente, como mencionamos en la primera unidad el estudio de los restos óseos permite el cotejo directo con el demandante, en otras palabras, recuperamos la información genética original del presunto padre como si viviera. Aun así, el Juez debe vigilar la diligencia de exhumación con el fin de evitar suplantaciones que posteriormente obliguen a realizar un estudio de identificación genética de los restos que habían sido estudiados para investigar la paternidad.

Los marcadores uniparentales de herencia paterna como los microsatélites del cromosoma Y son de gran utilidad en estos casos. La condición es obviamente que el hijo demandante sea varón. De modo que si el haplotipo es diferente se puede excluir la paternidad. El siguiente ejemplo muestra un resultado no excluyente logrado con 8 loci STR-Y.

locus	Haplótipo de la Hijo	Haplótipo del Padre
DYS19	17	17
DYS388	9	9
DYS390	20	20
DYS391	11	11
DYS392	8	8
DYS393	12	12
DYS434	10	10
DYS436	13	13

Identificación genética de cadáveres

En nuestro medio es desafortunadamente común la necesidad de realizar un proceso de identificación de individuos fallecidos ya sea en hechos individuales o en muertes colectivas, relacionadas con desastres masivos naturales o provocados. Existen varias estrategias para el análisis genético:

1. Cotejo directo con objetos y prendas de uso o aseo personal de la víctima o muestras biológicas tomadas en vida y recuperables de archivos médicos o biológicos.

Un perfil de ADN obtenido de un cadáver o una parte corporal es cotejado con el ADN recuperado de objetos de aseo personal como cepillos de dientes, máquinas de afeitar, peines, etc, a partir de muestras biológicas obtenidas de procedimientos médicos realizados en vida de la víctima, como biopsias, toma de componentes sanguíneos para transfusiones, etc, o finalmente, sobre prendas u objetos de uso personal. Si la muestra remitida para estudio es auténtica, el perfil de ADN recuperado debe coincidir totalmente con el del individuo usuario de dichos elementos.



Objetos de uso personal útiles como fuente de ADN para cotejo

2. Cotejo con los familiares del individuo desaparecido

En el segundo caso, el perfil de ADN obtenido de un cadáver o una parte corporal, es cotejado con el de los familiares vivos (o muertos) del desaparecido. Esta vez, no se buscan “**coincidencias totales de genotipos**” como en el caso anterior, ahora, dependiendo de los familiares disponibles, se establece si los individuos objeto del estudio “**comparten alelos**” entre ellos, siguiendo las leyes mendelianas de la herencia.

En otras ocasiones no contamos con los padres del desaparecido y el cotejo genético se hace más complejo; puede que solo dispongamos del padre o solo de la madre de la víctima de ser así, el cotejo busca ahora si “alguno de los dos alelos” del cadáver es compartido con el padre o madre presentes.

Podrá el lector deducir que tal cotejo genera una mayor incertidumbre y por lo tanto será necesario analizar un mayor número de loci genéticos para alcanzar el mismo nivel de certeza que cuando contamos con padre y madre para el estudio. En el ejemplo anterior, el análisis del cromosoma Y aportaría información valiosa para la identificación. Otras veces, no están disponibles los padres de la víctima pero se dispone de otros familiares: Hijos y madre de los hijos, Abuelos paternos o maternos, Hermanos (as) y uno de los padres

Todas estas circunstancias son analizables pero mientras menor consanguinidad exista entre las personas disponibles mayor será el nivel de incertidumbre de la prueba y se requerirá el uso de un mayor número de loci de alto polimorfismo.

2.3 REFLEXIONES BIOÉTICAS ALREDEDOR DE LA PRUEBA GENÉTICA

La intención de esta sección es la de presentar ante la comunidad jurídica una serie de escenarios reconocidos en el contexto mundial donde la práctica de

la prueba de ADN ha generado el debate ético-jurídico ya que aparentemente se colocan en situación de riesgo derechos fundamentales de personas vinculadas a la prueba. Muchas de estas situaciones exigen una decisión judicial con el fin de determinar la legalidad y validez de la prueba.

La idea es generar garantías técnicas, procesales y de respeto a los derechos fundamentales que puedan verse afectados sin obstaculizar el proceso judicial y la práctica y el uso adecuado de la prueba. Los dos primeros aspectos ya han sido tratados en la unidad anterior. Ahora creo importante recoger el debate actual sobre dos temas que llaman a la reflexión bioética: La posible afectación de los derechos del sujeto objeto de la prueba y La creación de bases de datos con perfiles de ADN con fines de investigación criminal.

LA NEGATIVA DE LA PRUEBA

Sigue siendo un problema de actualidad teniendo en cuenta el reciente debate a nivel de constitucionalidad que generó el Artículo 249 de la Ley 906 de 2004 sobre la obtención de muestras que involucren al imputado. Según la legislación actual vigente, La muestra biológica debe ser tomada por funcionarios de policía judicial si el fiscal la requiere y ha sido autorizada previamente por el Juez de Control de Garantías, siempre en presencia de la defensa.

En el contexto de la prueba de paternidad, la negativa presenta otro panorama. Es costumbre en el Instituto de Medicina Legal tomar la muestra luego de firmado el consentimiento de cada persona. Son muy pocos los casos donde el presunto padre presente se niega a dar su muestra. Creo que un ciudadano que no conoce sus derechos ni sus leyes o que no está acostumbrado a participar en su debate, difícilmente generará una negativa basada en la preservación de ciertos derechos constitucionales. El problema entonces se expresa en la inasistencia paterna, la cual alcanza niveles del 90% en algunas regiones del país. En otras palabras, no existe ni siquiera una negativa manifiesta del presunto padre, en la cual se argumente algún derecho violado con la intervención corporal. El presunto padre simplemente no asiste en repetidas ocasiones a la toma de muestras quizás porque no siente que el sistema judicial de su país pueda obligarlo, en otras palabras porque no existe una consecuencia punitiva para su decisión de no asistir a la prueba.

Creo que el problema puede abordarse desde cuatro perspectivas:

Puede una persona ser sometida contra su voluntad a aportar una muestra biológica de su cuerpo?

Puede tomarse una muestra biológica con fines judiciales de la persona sin su consentimiento aunque no haya intervención corporal?

Si es así, que tan válida es en el proceso judicial la prueba generada por estas dos vías de hecho?

Se comprometen en realidad los derechos individuales si se accede a aportar una muestra para un estudio de ADN?

Que consecuencias pueden derivarse de que el imputado o la víctima rechacen someterse a la prueba sin una justificación aparente?

El primer punto parece estar resuelto en la Ley penal colombiana.

Art. 249 C.P. "Obtención de muestras que involucren al imputado.

Cuando a juicio del fiscal resulte necesario a los fines de la investigación, y previa realización de audiencia de revisión de legalidad ante el juez de control de garantías en el evento de no existir consentimiento del afectado, podrá ordenar a la policía judicial la obtención de muestras para examen grafo técnico, cotejo de fluidos corporales...."

Pero puede que no haya necesidad de la intervención corporal para lograr una muestra biológica del sindicado o la víctima. Al respecto imagine las siguientes situaciones:

Al momento de solicitarle una muestra para estudio, el sospechoso está fumando, bebiendo, comiendo o masticando un chicle. El individuo manifiesta que no va a aportar voluntariamente una muestra biológica. El investigador espera pacientemente a que el sospechoso termine su comida y una vez solo, este levanta con un escobillón la saliva dejada sobre estos elementos. En otra situación, el mismo investigador le ofrece un tinto, un cigarrillo o un chicle al sospechoso y espera que los elimine para tomar la muestra.

Igualmente el investigador podría buscar en el baño de la casa del sospechoso o en su sitio de trabajo o finalmente en un sitio público que se encuentre fuera de su esfera de dominio, una muestra previamente separada del cuerpo del sospechoso.

La pregunta es si estas muestras son válidas en el proceso judicial. Pues en varios países, toda muestra recolectada fuera de la esfera de dominio de la persona es una evidencia y no requiere autorización. Claro está que para que sea una muestra de referencia técnicamente válida esta debe tomarse directamente a la persona quien es a su vez testigo del procedimiento así no de su consentimiento. Se plantea entonces la alternativa de que una muestra de referencia también pueda ser un fluido corporal recién eliminado por la persona y recolectado con la técnica adecuada.

El debate sobre derechos fundamentales comprometidos:

Libertad y autodeterminación

La Comisión Europea de Derechos Humanos manifiesta que la “ejecución forzosa de un examen de sangre a una persona constituye una privación de su libertad a si sea de corta duración” (decisión 8278/78). Aun así, prevé ciertas limitaciones sobre dicha libertad si esta rodeada de las garantías oportunas. Aunque en ninguno de los ejemplos anteriores medió el consentimiento de la persona estas últimas situaciones no podrían asimilarse a una privación de la libertad .

Integridad personal

Existen varios tipos de muestras biológicas cuya obtención no afecta de modo alguno la integridad física del individuo y son útiles para la prueba de ADN. Aun así también existe la posibilidad de comprometer la salud de la persona si no se siguen procedimientos técnicos adecuados en la toma y más aún si se toman a la fuerza.

Intimidad corporal

La toma de algunas muestras biológicas, en razón a la zona del cuerpo de donde son obtenidas supone una ingerencia en la intimidad de la persona. Es el caso de muestras genitales o rectales. Esta vez puede ser la víctima la que se niegue a dar su muestra ya no como referencia si no también como evidencia en el proceso. La ley penal colombiana no diferencia estas situaciones y parecería que obliga también a las víctimas.

Suponiendo que se ha tomado una muestra, no existe en la ley colombiana una condición que obligue a los laboratorios o a los investigadores a tutelar la información generada en el análisis genético. Aunque los genetistas hemos acordado no usar ADN expresivo para las pruebas de ADN, existe la potencialidad de obtener información diferente a la identificatoria sobre muestras biológicas de archivo.

No auto-incriminación, No declarar contra si mismo, No confesar.

La Comisión Europea de Derechos Humanos, en su decisión Nro. 8239/78 dice: “La persona examinada no es el sujeto de la investigación, sino el objeto de la misma, en cuanto a que no se le obliga a exteriorizar una declaración de voluntad autoinculpatoria, a realizar un acto procesal sobre su culpabilidad, sino antes bien a soportar la obtención de fuentes de prueba de su cuerpo, que pueden ser tanto inculpatorios como exculpatorios”. El aporte de una muestra biológica dista mucho de ser una declaración y la incriminación es una de dos posibles consecuencias del análisis, de otro modo, la prueba genética puede convertirse en la mejor herramienta para demostrar la inocencia y un falso acusado no solo estaría de acuerdo con aportar su muestra sino que además podría exigirla.

LA PRÁCTICA DE LA PRUEBA EN AUSENCIA DE LA CONTRAPARTE

Es el caso de pruebas de paternidad que generalmente se hacen en laboratorios privados, donde con la intención de impugnar la paternidad, el padre solicita al genetista realizar el estudio entre él y el menor, sin la autorización ni el conocimiento de la madre del menor.

Se trata solo de un conflicto ético aplicado a la práctica profesional del genetista? Se trata de un derecho de la madre a estar informada de lo que concierne con su hijo menor? Se trata de un derecho del varón a confirmar la paternidad de sus hijos en un laboratorio? Existe ilegalidad en el procedimiento si la madre no se entera? Puede el interesado tomar una muestra bajo engaño al menor para llevarla al laboratorio?

USO DE INFORMACIÓN PRIVADA, NO PERTINENTE AL CASO QUE SE OBTIENE DE LA PRÁCTICA DE LA PRUEBA EN UNA INVESTIGACIÓN DEL PARENTESCO.

Puede el perito enterarse que la madre demandante no es la madre biológica y por lo tanto el presunto padre esta excluido de la paternidad. Como este no era el objeto de la investigación, debe informársele a la madre? Es competencia del Juez dar la información? Otras veces en el estudio de paternidad con presunto padre fallecido, se estudian miembros de la familia paterna buscando deducir los genes del ausente. Aquí, el perito puede detectar que alguno de los hijos del matrimonio no era hijo biológico del difunto, si existen otros hijos, el caso puede resolverse y esta información no es relevante. El perito debe informar al juez todo lo encontrado? O debe presumirse el derecho de la madre a proteger su intimidad?

INVESTIGACIÓN PRENATAL DE LA PATERNIDAD EN UN PAÍS DONDE EL ABORTO ES ILEGAL

Como producto de un delito sexual, una mujer está embarazada y la autoridad desea saber si el embrión es hijo del presunto agresor, lo cual podría conocerse a partir del análisis de una muestra de cordón umbilical o líquido amniótico. Este procedimiento ofrece riesgos para la salud de la madre y del embrión pero podría agilizar el proceso judicial contra el sindicado. Debe practicarse?

INVESTIGACIONES QUE APORTAN GANANCIAS ECONÓMICAS AL LABORATORIO PERO NINGUNA GANANCIA A LA INVESTIGACIÓN: PRUEBA DE PATERNIDAD INNECESARIA Y PRUEBA INSUFICIENTE

Ocasionalmente como vimos antes, existen familiares que no aportarían información adicional para deducir el perfil genético de un fallecido. Aun así, conociendo esta situación el laboratorio acepta realizar la prueba y no informa al juez. En otras ocasiones, hemos visto que un laboratorio ofrece dos calidades de pruebas: Grupos sanguíneos y HLA por un costo bajo y dependiendo del resultado se complementa con una prueba de ADN que tiene un costo adicional.

BASES DE DATOS DE PERFILES DE ADN PARA LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL

Actualmente es uno de los temas de mayor controversia. Construir “reseñas genéticas” de personas relacionadas con delitos criminales podría significar poner en riesgo muchos derechos individuales y colectivos aunque al mismo tiempo signifique una gran herramienta para disminuir la impunidad de graves delitos de alta reincidencia como los delitos sexuales.

A quienes deberían tomarse reseñas genéticas: a los condenados por delitos atroces? A los mas peligrosos? A los imputados? A las víctimas? A todo individuo relacionado con una investigación judicial? A la población general? A todo recién nacido? A todo reincidente?

Debe eliminarse un registro después de algún tiempo o debe mantenerse indefinidamente? Cuanto tiempo deben permanecer estos registros? A quien podría eliminarse de un archivo genético judicial? Al que ha cumplido su condena? Al imputado que se le demuestra su inocencia?

Quien debe administrar la agencia de perfiles genéticos? Una entidad estatal?

INFORMACIÓN ADICIONAL A LA IDENTIFICATORIA QUE PUEDE POTENCIALMENTE OBTENERSE DE UNA MUESTRA BIOLÓGICA

Compañías de seguros de salud pueden estar interesadas en obtener información genética de una persona sobre riesgos futuros de su salud y tratarlos como pre-existencias que no sean cubiertas por el sistema de salud. Dicha información podría obtenerse de bancos de muestras forenses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Foucault, M.**, *Vigilar y castigar*, Siglo XXI Editores, México, 1978
2. **Jacob, F.**, *La Lógica de lo viviente*, Tusquets Editores, 1^a edición, Barcelona 1999
3. **Darwin, Ch.**, *El origen del hombre*, Ed. Panamericana 1^a Edición, 1994
4. **Stern, C., Sherwood, E.R.**, *El Origen de la Genética*, Un libro frontal de Mendel, Ed. Alambra, Madrid, 1^a Edición, 1973
5. **Griffiths, A., et al**, *Genetica*, Ed. McGrawHill 7^a Edición, 2002
6. **Carracedo, A., Barros, F.**, *Problemas Bioestadísticas en Genética Forense*, Universidade de Santiago de Compostela, 1995
7. **Halliburton, R.**, *Introduction to Population Genetics*, Pearson-Prentice Hall, 2004
8. Anderson, S., et al *Sequence and Organization of the mitochondrial genome*. (1991) *Nature* 290: 457-465.
9. **Ghiglieri, M.**, *The Dark Side of Man. Tracing the origins of male violence*, Perseus Books, 1999
10. **Weir, B., Evett, I.**, *Interpreting DNA evidence*, Sinauer Associates Inc, 1998
11. Cox, T., Sinclair, J., *Biología Molecular en Medicina*. Ed Medica Panamericana, 1998
12. Goldstein, D., Schlotterer, Ch., *Microsatellites Evolution and Application*. Oxford. 2001
13. Colombia, Alcaldía Mayor de Bogotá, *Manual de Policía Judicial*, 2003
14. McKusick, V., *Mendelian*
15. Fiscalía General de la Nación, Policía Nacional de Colombia, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, *Manual de Servicios de los Laboratorios de Genética Forense*, 2002
16. Venter, C., et al. *The human genome*, .Nature
17. Watson, J., *The Double Helix*
18. Avery, O., *El principio Transformante*
19. Zaragoza, F., Bedate, C. *Gen-Etica*, Editorial Ariel, 2003 Barcelona.
20. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 1998, *Guia de recolección y manejo de vestigios biológicos susceptibles de análisis genéticos*.
21. Neville, J., *An Introduction to Immunohematology*, Third Edition, Saunders, 1994
22. Ravinovich, *Inmunopatología molecular*, Ed Panamericana, 2004
23. Jeffreys, A., et al. *Hypervariable minisatellite regions in human DNA*, *Nature* 314: 67-73 1885
24. ISFH, *Recomendations*, *Int J Leg Med* 104: 361-364 (1992)

25. *Mullis, K., 1985, in vitro amplification*
26. Bravo, M., et al., Autosomal STR genetic variation in Negroid Chocó and Bogotá populations, Int J Leg Med 115: 102-104, 2001
27. Castillo, M., Paredes, M., Peñuela, C., Bustos, I., Jiménez, M., Galindo, A., Determination of the allele and genotype frequencies of loci HLADQA1, LDLR, GYPA, HBGG, D7S8 and GC in Bogotá – Colombia. Advances in Forensic Haemogenetics 6:503-505, 1995
28. Jimenez, M., Galindo, A., Paredes, M., Bustos, I., Lizarazo, R., Calderón, G., Caracterización genetica de los loci STR HUMvWA31, HUMTH01, HUMF13A1, HUMFES en 5 ciudades colombianas y su aplicación forense, Jornadas de Genetica Forense gep-ISFG, Bilbao 181-183, 1998
29. Lizarazo, R., Análisis de las regiones hipervariables HVI y HVII del ADN Mitochondrial en población Cundi-boyacense, Universidad de los Andes, Bogotá, 1999
30. Mesa, N, et al. Autosomal, mtDNA, and Y-Chromosome diversity in Amerinds: Pre- and Post-Columbian patterns of gene flow in south America Am J Hum Genet 67:1277-1286, 2000
31. Yunis, J., et al, Population data on 6 short tandem repeat loci in a sample of Caucasian-mestizos from Colombia Int J Leg Med 113(3):175-178, 2000
32. Paredes, M., Galindo, A., Bernal, M., Ávila, S., Andrade, D., Vergara, C., Rincón, M., Romero, R., Navarrete, M., Cárdenas, M., Ortega, J., Suarez, D., Cifuentes, A., Salas, A., Carracedo, A., Analysis of the CODIS autosomal STR loci in four main Colombian regions, Forensic Science International. 137:1, 2003
33. Wilson, MR., et al. Validation of mitochondrial DNA sequencing for forensic casework. Int J Leg Med (1995) 108, 68-74

NORMATIVIDAD PARA LABORATORIOS

- Colombia MinSalud I.C.B.F. Recomendaciones de Estandares Básicos para laboratorios que realizan pruebas de paternidad: www.icbf.gov.co/espanol/paternidad/rec_est_basicos_01-05.pdf
- Norma tecnica : ISO17025, Requerimientos generales de competencia para laboratorio de ensayo y calibración
- Ley 721 de 2001

- **DNA Advisory Board:** *Quality Assurance Standards for Forensic DNA Testing Laboratories and for Convicted Offender DNA Databasing Laboratories Forensic Science Communications July 2000 Volume 2 Number 3*

GLOSARIO DE TÉRMINOS BIOLÓGICOS

- **Adaptaciones:** Rasgos que son mas ventajosos para los individuos que viven en un ambiente determinado
- **ADN:** Molécula portadora de la información genética, constituida como una cadena de nucleótidos
- **ADN Mt:** ADN mitocondrial, no nuclear que poseen todas las células eucarióticas
- **ADN basura:** Antiguamente asi se llamaba al ADN no expresivo
- **ADN no expresivo:** Aquel que no posee las secuencias codificadas para traducir proteínas
- **Código genético:** Tabla de correspondencias entre tripletes de ADN (Codones) y aminoácidos de las proteínas
- **Albinismo:** Enfermeda genética donde se pierde el pigmento de la piel
- **Alelo:** Cada uno de los dos componentes de un gen
- **Autopolinización:** Fecundación del ovulo con el polen de la misma flor
- **Autosomas:** Cromosomas no sexuales comprendidos en el humano entre los pares 1 y 22
- **Bases nitrogenadas:** Constituyentes mínimos del ADN. Hacen parte del nucleótido junto con la desoxiribosa y el ácido fosfórico. Son cuatro: A (Adenina), T (Timina), C (Citosina) y G (Guanina)
- **Células somáticas humanas:** Células que portan 46 cromosomas y se generan por mitosis
- **Células sexuales humanas:** Células que portan 23 cromosomas (uno de cada par) y se generan por meiosis
- **Cigoto:** Célula primordial resultante de la fecundación de un óvulo por un espermatozoide
- **Genes ligados:** Aquellos que por estar localizados en locus muy cercanos en el mismo cromosoma, se segregan juntos durante la reproducción
- **Células Madre Embrionarias:** Células primordiales que mantienen toda su capacidad de generar un individuo completo
- **Condición homocigoto:** Cuando se heredan dos alelos iguales de un mismo gen

- **Condición heterocigoto:** Cuando se heredan dos alelos diferentes de un mismo gen
- **Cromosomas:** Vehículos de segregación de los genes, constituidos por ADN superenrollado
- **Cromosoma homólogo:** Cada uno de los dos cromosomas de un mismo par
- **Deleción:** Pérdida de un fragmento de ADN
- **D-loop:** Región del ADN Mitocondrial donde se localizan secuencias hipervariables
- **Entrecruzamiento:** Unión de dos cromosomas homólogos por medio durante la recombinación meiótica
- **Fecundación:** Unión entre dos gametos de sexo diferente
- **Gen:** Fragmento de ADN que posee secuencias con información suficiente para expresarse en una proteína
- **Genotipo:** Conjunto de genes de un individuo o representación de una pareja de alelos
- **Gónadas:** Órganos sexuales masculinos o femeninos (Ovarios o testículos)
- **Haplótipo:** Grupo de genes mapeados en un mismo cromosoma que se segregan juntos durante la meiosis.
- **Huella genética (DNA Finger printing):** Término acuñado por el profesor inglés Alec Jeffreys para representar el patrón de fragmentos de ADN que permiten identificar personas
- **Individuos portadores heterocigotos sanos:** Poseen un alelo normal que compensa el daño causado por el alelo mutado
- **Inserción:** Ganancia de un fragmento de ADN
- **Kilobases – Kb:** Equivalente a un fragmento de 1000pb
- **Líneas puras:** Organismos que comparten un rasgo que ha sido seleccionado artificialmente por autofecundación
- **Locus cromosómico:** Sitio físico del cromosoma donde se localiza un gen o un fragmento de ADN en particular
- **Marcador de linaje:** Aquel que es compartido por todos los herederos de un mismo linaje paterno o materno
- **Meiosis:** División celular que genera células sexuales
- **Melanina:** Proteína que actúa como pigmento en la piel y en las mucosas
- **Microsatélites o STR's. (short tandem repeats):** Secuencias de ADN repetitivo formados por repeticiones cortas de 2 a 6 pb
- **Mitosis:** División celular que genera células somáticas

- **Mutación:** Se refiere a todo cambio en la secuencia del ADN, ya sea a nivel de una sola o algunas bases nitrogenadas o de un fragmento cromosómico
- **Parental.**: generación de los padres
- **Pares de bases (pb):** medida de la longitud de un fragmento del ADN
- **Patógenos:** Capaces de producir enfermedad.
- **Polimorfismo:** Concepto aplicado a un locus genético, el cual presenta dos o mas alelos diferentes en una población de individuos , alcanzando frecuencias superiores al 1%
- **Prognatismo:** Protrusión o deformidad hacia delante de la mandíbula
- **Proteínas:** Familia de moléculas presentes en los seres vivos
- **Rasgo dominante :** Aquel que se expresa con la sola presencia del alelo que lo codifica ya sea como hígocito o como heterocigoto
- **Rasgo recesivo:** Aquel que solo se expresa cuando el individuo es homocigoto para el alelo que lo codifica
- **Recombinación meiótica:** Proceso durante el cual se intercambian fragmentos cromosómicos de origen paterno y materno generando cromosomas híbridos
- **Secuencia de Anderson:** Secuencia de ADN Mitocordial que se utiliza como referente universal para interpretar una secuencia de ADN Mt.
- **Secuencia de bases:** Fragmento de ADN con una disposición particular de bases nitrogenadas
- **Selección natural:** Mecanismo en el cual se seleccionan los individuos mejor adaptados a determinadas exigencias ambientales
- **Variación fenotípica :** Diversidad de rasgos fenotípicos detectados en una población de individuos
- **Variación genotípica:** Diversidad de alelos de un gen o de varios genes detectados en una población de individuos

PARTE III

LA VALORACIÓN DE LA PRUEBA DE ADN EN EL PROCESO PENAL COLOMBIANO

RODRIGO ERNESTO VARGAS AVILA¹

¹ Abogado Especializado de la Facultad de Derecho, Ciencias políticas y Sociales de la Universidad Nacional de Colombia; Docente de la misma universidad; Jefe del Área de Derecho Procesal de la Facultad de Derecho de la Universidad Militar Nueva Granada; Profesor de Derecho Procesal y Probatorio; miembro del Instituto Colombiano de Derecho Procesal; magistrado auxiliar que fue del Consejo de Estado.

UNIDAD 1

1. INTRODUCCIÓN

Mediando notables avances científicos, de modo particular, la genética y la biología molecular, el derecho incorporó a la investigación de la paternidad o de la maternidad la prueba pericial. Por ello, el artículo 7º de la Ley 75 de 1968 de manera expresa dispuso que en esta clase de procesos el juez, de oficio o a solicitud de parte “decretará los exámenes personales del hijo y sus ascendientes y de terceros, que aparezcan indispensables para reconocer pericialmente las características heredo-biológicas, con análisis de los grupos sanguíneos, los caracteres patológicos, morfológicos, fisiológicos e intelectuales trasmisibles, que valorará según su fundamentación y pertinencia”.

A partir de la vigencia de la Ley 75 de 1968, la prueba científica para establecer la filiación materna o paterna, no es extraña al Derecho Colombiano. Mediante la citada ley, nuestro ordenamiento legal introdujo las pruebas científicas para la investigación de la paternidad, siendo en su momento y hasta la entrada en vigencia de la ley 721 de 2001 una invaluable herramienta de trabajo hacia la definición de la paternidad.

La legislación colombiana tiene establecido el derecho de toda persona a saber quiénes son sus progenitores y a establecer su filiación, aún por la vía judicial si fuere necesario¹.

En síntesis, la ley 721 de 2001 en palabras de la Corte Constitucional otorga relevancia a las siguientes circunstancias: “a) la primera, que el legislador no le dio aceptación a la afirmación según la cual mediante exámenes científicos puede darse por establecida de manera indiscutible y sin probabilidades de error la paternidad o la maternidad, sino que, con la prudencia que le es propia a los humanos en materia tan delicada, se limitó a expresar que mediante la práctica de tales exámenes se determina un “índice de probabilidad superior al 99.9%”, que es distinto, como salta a la vista al ciento por ciento. El legislador dejó así abierta la posibilidad del error y respeta, de entrada, la autonomía judicial para la valoración de la prueba; y b) la segunda, que “el uso de los marcadores genéticos” para alcanzar ese porcentaje de certeza puede utilizar distintas técnicas, razón por la cual señala que

1 Ver las sentencias de la Corte Constitucional C-476 de 2005, C-807 de 2002 y C-808 de 2002

“mientras los desarrollos científicos no ofrezcan mejores posibilidades, se utilizará la técnica del DNA”. Es decir, que tal utilización podrá abandonarse si en el futuro aparecen por los adelantos técnicos científicos otras técnicas que sean superiores. Por otra parte, ha de tenerse en cuenta que los marcadores genéticos en el examen del DNA, así como pueden ser indicativos de un índice de probabilidad de la paternidad o la maternidad superior al 99.9%, sirven igualmente para descartar por completo la relación paterno-filial o materno-filial cuando son negativos”².

Al mismo tiempo, debe entenderse que la mencionada ley se constituye en una obligación y fin estatal en desarrollo del artículo 14 de la Constitución Política bajo el cual toda persona tiene derecho al reconocimiento de su personalidad jurídica, lo cual se hace indispensable para que pueda actuar como sujeto de derechos y de obligaciones, en armonía estrecha con el derecho a la igualdad que reconoce el artículo 13 de la misma normatividad pues, no serían libres e iguales ante la ley todas las personas, si algunas no se les reconociera personalidad jurídica.

La ley 906 de 2004 – nuevo Código de Procedimiento Penal-, específicamente vino a incorporar como uno de los elementos básicos en el ámbito probatorio del nuevo sistema penal acusatorio, los análisis genéticos de ADN como contenido de la prueba pericial científica, tendiente a la identificación de responsables de los hechos punibles.

Los elementos de prueba de naturaleza biológica tienen gran importancia en el marco de la investigación penal, dada su enorme sensibilidad y delicada manipulación, lo cual conlleva el observar estrictos estándares de aseguramiento y preservación a través de la cadena de custodia. Conseguido este primer propósito, se puede afirmar que el resultado del análisis de ADN permitirá en un gran porcentaje de probabilidad, establecer adecuadamente la persona vinculada con una investigación penal.

Así pues, en el primer capítulo de este módulo se estudiará lo concerniente a la cadena de custodia, las reglas de recolección, conservación y envío, en referencia particular a las muestras biológicas que servirán para los análisis de ADN.

En un segundo capítulo, se analizarán y estudiarán a fondo, los derechos fundamentales afectados con las llamadas doctrinalmente *Intervenciones Corporales*, en aquellos eventos regulados por el Código de Procedimiento Penal en los artículos 246 y siguientes, en tanto ellas, cuando del tema que se propone, traten

² Sentencia Corte Constitucional C- 476 de 2005.

de la obtención de muestras sobre las cuales ha de versar la prueba pericial de ADN en el proceso penal.

Conforme el estudio de constitucionalidad llevado a cabo por la Corte Constitucional en sentencia C-822 de 2005 y como quiera que todas esas medidas afectan derechos fundamentales, ellas podrán llevarse a cabo, previa autorización del Juez de Control de Garantías, quien deberá ponderar previamente, bajo el examen de proporcionalidad respectivo, si la medida es o no pertinente, idónea, necesaria y proporcionada en cada caso particular cuando no medie el consentimiento de la persona afectada con ellas.

Bajo el tercer capítulo relativo a la valoración de la prueba de ADN en el proceso penal, se desarrollarán los particulares matices y cambios que adquiere la prueba científica genética y el reto para los operadores jurídicos traducido en una adecuada interpretación y valoración de la misma, toda vez que supone unos contenidos diametralmente diferentes a los que usualmente en la práctica jurídica y forense se han venido empleando.

Pero también, por otra parte, para los científicos, su concurso en el escenario del proceso, supone cambios, concretados en el convencimiento de que cualquier opinión que emitan tiene una incertidumbre y que es su deber y obligación comunicarla al juez para lo cual existe un estándar de vieja data llamado probabilidad.

Esta nueva transformación del proceso rompe también, con la tendencia errónea de los peritos de decidir por el juez, obligándolos a unos y otros a asumir su papel específico. Este cambio que ha comenzado por la Genética forense, también se extiende de manera similar al resto de las especialidades forenses como la Patología, Toxicología o la Clínica forense. Su importancia representa el paso de los antiguos forenses que basan sus opiniones en la intuición y en la experiencia, que usan modelos heurísticos y que dan un valor absoluto a sus conclusiones, a los científicos forenses modernos que basan sus opiniones en los datos científicos, en la evidencia científica, que utilizan el razonamiento como base de las mismas y que no dan un valor absoluto a sus juicios sino que valoran el mayor o menor grado de incertidumbre de su opinión, expresándolo como un cociente entre la posición de la acusación y la posición de la defensa.

En definitiva, valora su opinión en términos de probabilidades, lo que no debe llevar a confusión: la probabilidad no significa inseguridad. Por el contrario, las opiniones más seguras no son las que se valoran como verdades o creencias absolutas por experiencia o intuición, sino aquellas en las que se puede calcular la incertidumbre y ésta es muy baja o casi inexistente de tal modo que la probabilidad de la evidencia sea muy elevada.

En síntesis, la valoración de la prueba es fundamento indiscutible en todo proceso, particularmente en el ámbito del proceso penal. Es un momento último con el cual culmina la llamada actividad probatoria, consistente en la operación mental que lleva a cabo el juzgador y cuyo fin consiste en determinar el mérito o convicción que puede deducirse del material probatorio recaudado en el proceso.

Por lo tanto, la valoración determinará la eficacia que las fuentes de prueba incorporadas al proceso mediante los medios de prueba, tendrán en la formación de la convicción del juzgador. En últimas la valoración de la prueba determina un resultado en sentido positivo o negativo, según sea lograda la convicción judicial o, por el contrario, que no sea lograda o alcanzada. Es una actividad netamente jurisdiccional, pero teniendo en cuenta la actividad probatoria de las partes durante el transcurso del juicio oral, sobretodo cuando la actividad oficiosa del juez se halla expresamente limitada como factor ideológico de la búsqueda de la verdad en el proceso penal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. DESARROLLO DE CAPACIDADES COGNOSCITIVAS

- a. Establecer una adecuada comprensión sobre el concepto y aplicación de la cadena de custodia como norma técnica de aseguramiento de los elementos materiales de prueba y evidencias físicas la cual garantiza mayor efectividad de la actividad investigativa en el proceso penal colombiano.
- b. Identificar y relacionar los requisitos, presupuestos y condiciones básicos para la adecuada recolección, preservación y aseguramiento de muestras biológicas, vestigios, pero particularmente, todas aquellas muestras de fluidos corporales, cabello y demás que comporten el posterior análisis genético de ADN.
- c. Identificar los requisitos constitucionales básicos para la adopción de una intervención personal, particularmente injerente en los derechos fundamentales: legalidad, proporcionalidad y jurisdiccionalidad.
- d. Conocer el significado y alcance del principio de proporcionalidad y de los subprincipios que lo integran: idoneidad, necesidad y proporcionalidad en sentido estricto.

- e. Identificar los requisitos para la adopción de intervenciones estatales que no comprometan los derechos fundamentales del individuo.
- f. Conocer el elenco de intervenciones personales previstas en el Código de Procedimiento Penal.
- g. Analizar la posibilidad constitucional de abordar una actuación injerente de un derecho fundamental carente de expresa previsión legal.
- h. Analizar las diferentes diligencias de investigación reguladas en el Código Procesal Penal, relacionadas con el análisis de prueba genética de ADN, como la inspección corporal (artículos 245 y 247 del C. de P. P.), el registro de personas (artículo 248 del C. de P. P.) que conllevan intervención corporal consentida y no consentida, las intervenciones corporales no consentidas y la toma de muestras para exámenes o análisis de ADN en víctimas de delitos contra la libertad sexual, la integridad corporal o cualquier otro delito en donde sea necesaria dicha práctica (artículo 250 del C. de P. P.).
- i. Conocimiento de las exigencias de legalidad ordinaria para la ejecución de las distintas intervenciones.
- j. Adquirir el conocimiento de los procedimientos y formalidades que se requieren para la obtención de las respectivas órdenes judiciales.
- k. Conocer los mecanismos para la impugnación de estos actos con el fin de excluir las evidencias o solicitar la anulación de los elementos de prueba obtenidos irregularmente.
- l. Conocer los supuestos y alcance de la nulidad en la prueba derivada (eficacia refleja).
- m. Sensibilizar a cada operador jurídico en los derechos ciudadanos que van a verse transgredidos con la intervención y en su compromiso con la no estandarización de las respuestas.

1.1.2. DESARROLLO DE DESTREZAS CONDUCTUALES Y DE ACTITUD

- a. Identificar y desarrollar actitudes para un adecuado compromiso en el desarrollo y manejo de la cadena de custodia cuando ella implica la recogida, conservación y aseguramiento de elemento materiales de prueba consistentes en muestras biológicas susceptibles del análisis genético de ADN.
- b. Sensibilizar a cada funcionario judicial en los derechos fundamentales que van a verse transgredidos con la intervención corporal y en su compromiso con la no estandarización de las respuestas.

- c. Identificar y desarrollar los instrumentos legales para el adecuado manejo y ponderación de las solicitudes de intervención corporal que impliquen tomas de muestras biológicas para análisis de ADN ante el Juez de Control de Garantías.
- d. Identificar y desarrollar aquellas actitudes requeridas para el ejercicio de las atribuciones del cargo que reflejen las características básicas de las funciones específicas en la instancia procesal conforme con los perfiles definidos, siempre referidos a la prueba de ADN.
- e. Precisar y desarrollar criterios teórico-prácticos para el cabal ejercicio de valoración probatoria de la prueba de ADN.

1.1.3. JUSTIFICACIÓN

Los funcionarios judiciales participantes deben estar en capacidad de i) lograr el desarrollo conceptual acerca de la cadena de custodia y como se articula al manejo de muestras biológicas susceptibles de ser analizadas bajo la prueba pericial de ADN; ii) distinguir cuáles intervenciones corporales, bajo qué presupuestos legales tanto formales como materiales están permitidas por la Constitución, el Código Procesal Penal y la ley, y saber en qué condiciones y situaciones deben ordenarse, teniendo en consideración que se trata de medidas excepcionales que pueden vulnerar derechos y garantías fundamentales de las personas; iii) tener presente que en la obtención de elementos materiales de prueba y evidencias, debe actuarse con suma cautela, para no perjudicar las investigaciones y aportar al proceso aquello que efectivamente cumplió con las técnicas científicas y mecanismos legales; iv) establecer criterios científicos bajo los cuales puede y debe valorarse la prueba pericial de ADN en el proceso penal .

La jurisprudencia enseña que es en esta materia donde se produce un mayor número de vulneraciones en los derechos individuales y consecuentemente que el estudio de la misma evitará tales transgresiones o facultará a reclamar la anulación derivada que le es propia.

1.1.4. METODOLOGÍA

- a. La delimitación de las exigencias constitucionales de adopción de la medida y la identificación de las intervenciones especialmente injerentes, podrá abordarse bajo varias orientaciones metodológicas que permita alcanzar un conocimiento plenamente estructurado en cuanto a las exigencias básicas,

- sin embargo, resulta ineludible la incorporación y lectura de las sentencias de nuestra Corte Constitucional, pero también, las de las Cortes Internacionales, básicamente las sentencias del TEDH, TIDH y de la CIDH).
- b. La materia tratada en éste módulo plantea, por los menos dos aspectos esenciales. De un lado, la escasa bibliografía en nuestro medio y de otra el incipiente desarrollo jurisprudencial sobre el tema central del ADN como elemento probatorio en el proceso penal, debiéndose manejar básicamente bajo el trabajo del caso concreto, complementado por la aplicación de los principios a los supuestos reales y el estudio de algunos casos planteados por la doctrina foránea. El reparto de asuntos entre los funcionarios judiciales discentes y la posterior exposición de cada uno de ellos al resto del grupo, distribuyendo esfuerzos, permite acceder a tal estudio múltiple.
 - c. Los talleres de discusión en grupo sobre los principales problemas que se pueden presentar con solicitudes u órdenes deficientes para las intervenciones corporales, la irregular observancia en la cadena de custodia, la toma de muestras biológicas sin el lleno de las formalidades legales, la contaminación de las muestras pasibles de ADN, la no adecuada interpretación y valoración del experticio científico de la misma que incumpla las condiciones establecidas para ello son un complemento perfecto. Algunos de los casos planteados en el módulo proponen como ejercicio el análisis del contenido de varias solicitudes de medidas injerentes.
 - d. La estructuración de relaciones a partir de supuestos teóricos o extraídos de la práctica judicial generarán una reflexión ágil y permitirá el contraste de los plurales esquemas de pensamiento conformados entre los funcionarios judiciales.
 - e. En un ámbito propositivo dentro del contenido del módulo, se reseñan aspectos polémicos, donde utilizando la técnica del método del caso, se pretenden abordar cuestiones relevantes relacionadas con las diferentes materias objeto de exposición y análisis. Los casos elegidos servirán para nutrir las orientaciones que necesite el particular ámbito del proceso Penal Colombiano y la valoración de la prueba de ADN.
 - f. Las citas tomadas del derecho comparado son útiles en el desarrollo del presente módulo, siendo que aún nos encontramos en el desarrollo reciente de la nueva codificación procesal penal, es pertinente aportar elementos que sirvan para efectuar un análisis comparativo de las soluciones ofrecidas en ordenamientos jurídicos diferentes para cuestiones relevantes comunes.
 - g. Pueden plantearse sesiones de debate sobre una pluralidad sistematizada de temas puntuales relacionados, tales como:

- ¿Puede autorizarse la cortada de un cabello de un imputado sin su consentimiento?
- ¿Es posible exigir la toma de una muestra de sangre a un imputado que conduce su vehículo bajo los efectos del licor?
- ¿Qué ocurre con una prueba obtenida mediante intervención corporal?
- ¿Hasta qué punto el estado puede intervenir en el cuerpo de una persona para lograr la búsqueda de la verdad material?
- ¿Qué sucede, cuando a pesar de ser autorizada una intervención corporal por el juez de control de garantías, la persona sobre la que recae esa medida, resiste su práctica. Puede utilizarse la fuerza física o moral?
- ¿Qué tratamiento darle a las muestras orgánicas descuidadas por una persona o que se encuentran en determinados objetos pertenecientes al mismo?
- ¿El resultado de los análisis de ADN tienen únicamente valor de indicio, el cual debe ser valorado con las demás pruebas obrantes en el proceso penal?
- ¿Cuál debe ser el lenguaje empleado por el perito científico en su experticio para hacerlo entendible al Juez que lo valorará?
- ¿Basta un mínimo conocimiento en probabilística para que el juez efectúe una correcta valoración de la prueba de ADN?

Por último, el módulo sesionará con un tema común modo de teoría general, el análisis de los presupuestos constitucionales de las diferentes medidas de intervención corporal limitativas de derechos fundamentales. En esa sesión inicial se efectuaría un análisis del significado y alcance de los siguientes principios: a) el de legalidad, b) el de proporcionalidad, con los subprincipios de idoneidad, necesidad y proporcionalidad en sentido estricto, y c) el de jurisdiccionalidad.

UNIDAD 2

2. RECOLECCION Y DILIGENCIAMIENTO DE EVIDENCIAS – CADENA DE CUSTODIA

2.1 OBJETIVO GENERAL



Alcanzar una adecuada comprensión y sensibilización que permita la aplicación de la cadena de custodia como procedimiento de calidad en la mayor efectividad de las actuaciones de investigación en el proceso penal acusatorio.

Ofrecer al funcionario judicial, los parámetros mínimos establecidos internacionalmente para la recolección, diligenciamiento y procesamiento de evidencias y su aplicación en el contexto del proceso penal Colombiano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS



- Presentar la metodología universalmente utilizada para la recolección, diligenciamiento, remisión y procesamiento de elementos materiales probatorios y su articulación con el Manual de Procedimientos de Policía Judicial en Homicidios y terrorismo.
- Mostrar la importancia de una correcta manipulación de las evidencias, de tal manera que puedan servir como medio para el esclarecimiento de hechos y puedan ser tenidas en cuenta, como herramientas validas, dentro del proceso penal.
- Destacar y resaltar dos elementos fundamentales en la recolección, diligenciamiento y análisis de elementos materiales probatorios dentro del proceso penal, como lo son la Cadena de Custodia (encargada de asegurar la transparencia de la metodología) y el Juez de Control de Garantías (encargado de velar por el cumplimiento de los Derechos Fundamentales de los Imputados o de las propias víctimas del delito).

- Aportar el desarrollo del concepto de cadena de custodia articulado a los análisis de ADN.
- Resaltar la importancia y brindar a los funcionarios judiciales una aproximación sencilla sobre la importancia de la cadena de custodia en el sistema acusatorio, así como la obligatoriedad de cumplir con la norma por parte del personal investigador especializado.
- Señalar como la cadena de custodia es un método diseñado para controlar la confiabilidad de la prueba, que permite demostrar que el intercambio de evidencia ocurrió realmente en el momento del hecho.

2.3. INTRODUCCIÓN

El nuevo Código de Procedimiento Penal (Ley 906 de 2004), ha puesto en vigencia para nuestro país un nuevo tipo de proceso penal de tendencia acusatoria, en donde la aducción de la prueba en la etapa del juicio presupone una serie de condiciones o presupuestos formales y materiales previos que las aseguren, entre otros aspectos de validez de las mismas. Particularmente emerge en esta codificación la implantación de los análisis genéticos o de ADN para la identificación de personas responsables en la realización de conductas punibles.

En el presente capítulo se estudiará la importancia que tiene para el proceso penal la adecuada observancia del procedimiento de manipulación, recolección, embalaje, envío y preservación de vestigios de naturaleza biológica con los cuales se llevarán a cabo los análisis de ADN, dada su alta sensibilidad, su fragilidad y carácter perecedero, exigiendo por consiguiente, la más rigurosa observancia de las normas técnicas a través de la cadena de custodia.

Se abordarán tópicos relacionados con dos escenarios bien delimitados. Aquel que tiene que ver con la escena del delito y la recolección, manipulación, envío y preservación de muestras biológicas; y otro con las personas que deben someterse con o sin su consentimiento a la toma de muestras para llevar a cabo el respectivo análisis de ADN.

La cadena de custodia es la aplicación de una serie de normas tendientes a asegurar, embalar y proteger cada elemento material probatorio para evitar su destrucción, suplantación o contaminación, lo que podría implicar serios tropiezos en la investigación de una conducta punible.

Comienza, la cadena de custodia, cuando el servidor público en actuación de indagación o investigación policial embala y rotula el elemento material proba-

torio y evidencia física (huellas, rastros, manchas, residuos, armas, instrumentos, dinero, documentos, grabaciones en audio y video). Tal procedimiento inicia en el sitio donde se descubren, recauden o encuentren elementos materiales probatorios y evidencia física, finalizando por orden de autoridad competente.

Tratándose de muestras biológicas, estas pueden ser pieza fundamental en investigaciones, como por ejemplo en suicidios u homicidios, buscando sustancias que permitan aclarar las circunstancias en que ocurren los hechos. Es por lo tanto importante conocer los recipientes adecuados en los cuales se deben embalar dichos elementos.

Cuando un elemento se embala, debe llevarse a cabo de acuerdo al tipo de material. Es importante señalar que es posible tener acceso a componentes anatómicos tales como órganos, tejidos, muestras, que a su vez se constituyen en evidencia física, y de una situación específica, lo que sin duda alguna en un proceso judicial puede favorecer la estrategia de defensa en aquellos casos que la responsabilidad del investigador es también objeto de investigación.

En síntesis, el manejo de los elementos materiales probatorios, específicamente aquellos susceptibles del análisis genético de ADN, debe poseer coherencia entre la actividad investigativa manifestada en el manejo que se de al elemento biológico y el objetivo demostrativo de llegar a la verdad a través de el.

2.4. ACTIVIDAD PEDAGÓGICA

- **Discusión grupal:** analice con sus compañeros más cercanos qué entienden por cadena de custodia, cuál es su importancia y qué relación guarda con la prueba de ADN.
- **Investigue:** examinando en el nuevo Código de Procedimiento penal qué normas regulan la cadena de custodia y cuáles las relacionadas con análisis de ADN, tratando de efectuar una concordancia entre ellas.
- **Análisis:** lea y examine la Constitución Política tratando de estructurar principios que den sustento a la búsqueda de elementos materiales de prueba fundamento de los análisis de ADN en el proceso penal y sus límites constitucionales.

2.5. LA CADENA DE CUSTODIA

La cadena de custodia de la evidencia en la Investigación Judicial es indispensable y debe garantizarse en todo momento a fin de que la búsqueda de la verdad real de un hecho delictivo no quede convertida en prueba ilícita por una actividad procesal defectuosa. En el presente capítulo se hace una síntesis para

reunir algunas normas y legislación que tienen como fin dar garantía científica plena de lo analizado.

Concretamente la investigación criminalística que se hace en el escenario del delito (o en otros lugares) tiene como fin primordial determinar qué sucedió con anterioridad allí, por lo que la validez lógica de tal reconstrucción fáctica depende -parcial o totalmente- del rigor científico seguido en las técnicas de recopilación de los indicios materiales en el sitio del suceso (o en otros lugares ligados al mismo) y que originan el material probatorio, procedimiento éste, por demás, que debe ajustarse a las exigencias legales.

Adicionalmente, si se acepta que a pesar del rigor científico, la prueba pone siempre de manifiesto resultados probables y por lo tanto no infalibles o absolutamente ciertos, surge entonces, la necesidad de introducir todas las garantías procesales posibles para lograr una mayor fiabilidad en las conclusiones derivadas de las probanzas, es decir, debe aceptarse la adopción de un estricto apego a los procedimientos legales y científicos, ya que en ellos se encuentra precisamente la justificación que da origen al concepto jurídico que se denomina **Cadena de Custodia de la Evidencia**.

Construir una definición precisa que comprenda el significado jurídico y científico del concepto *cadena de custodia* no es sencillo, porque se puede caer en el equívoco de excluir aspectos relevantes relacionados con dicha definición. Sin embargo, de manera general se puede definir como: *El conjunto de etapas o eslabones desarrollados en forma científica y legítima en una investigación judicial con el fin de: a) Evitar la alteración y/o destrucción de los indicios materiales al momento (o después) de su recopilación; y b) Dar garantía científica plena de que lo analizado en el laboratorio forense (o presentado en el juicio), es lo mismo recabado (o decomisado) en el propio escenario del delito (o en otro lugar relacionado con el hecho)*¹.

1 Conceptúa Manuel Paredes López que “El Registro de Cadena de Custodia (RCC) permite verificar el manejo dado a las evidencias biológicas durante los momentos críticos de la historia del caso: los dos primeros elementos anotados se relacionan principalmente con la manipulación de la evidencia desde su detección en la escena hasta su entrega al laboratorio forense, el tercero se aplica dentro del laboratorio a las muestras parciales, remanentes o derivadas de la muestra original y a su disposición final en una bodega o almacén de evidencias.

La verificación de la custodia en el primer momento puede hacerse a partir de la coherencia existente entre las descripciones anotadas en el RCC sobre un mismo elemento de prueba y su correspondencia con los medios de fijación de la evidencia utilizados, ya sean fotografías o videos. Cualquier tachadura, enmendadura o borrón detectado, o cualquier corrección no aclarada puede generar duda sobre la autenticidad de la evidencia. Obviamente que la ruptura de la cadena, porque falte un registro de entrega o de recepción generará la mayor incertidumbre sobre la autenticidad”. El ADN en el sistema judicial colombiano, Consejo Superior de la Judicatura, Prueba de ADN, Bogotá, 2006.

El tema de la legalidad de la prueba dentro del proceso penal está ligado siempre y necesariamente al de los medios probatorios utilizados en la construcción previa de la cadena de custodia, es por ésta razón que no deben lesionarse jamás, normas jurídicas ni derechos fundamentales de los ciudadanos por parte de los encargados de la investigación, en cada una de las etapas que componen dicha cadena, pues de lo contrario se estaría afectando la necesaria puridad probatoria. Esta formalidad principalmente, debe estar presente, tratándose de cualquier tipo de evidencia de cargo o incriminatoria, ya que esta no puede bajo ningún supuesto, ser utilizada para perjudicar al imputado, aunque ello no impide la posibilidad de que sea usada a su favor o para beneficiarle.

En este sentido, debe insistirse que una investigación judicial siempre deberá responder con rigor a una metodología científica, sin embargo, las técnicas policiales utilizadas durante la investigación judicial con el fin de averiguar la verdad real de los hechos deberán ajustarse, de la misma manera, a lo preceptuado por la Ley en tutela de los derechos y garantías constitucionales de los ciudadanos.

Ante el supuesto de que en la investigación judicial los sujetos intervenientes en el manejo de la evidencia no respeten -ya sea en forma dolosa o imprudente- los procedimientos técnicos específicos, estaremos razonablemente en presencia de una **actividad procesal defectuosa**, cuya consecuencia inmediata sería la conversión de esos indicios probatorios en **prueba ilícita o espuria** por la existencia de un defecto absoluto. Este vicio no requiere de su alegación previa y puede ser esgrimido válidamente en cualquier momento, por tratarse de una lesión a la garantía constitucional del imputado como lo es el principio constitucional del Debido Proceso, que bajo el supuesto de ser irrespetado en cualquier momento del proceso y no advertido debidamente, estaría aún inclusive, sujeto al control por la vía del recurso de casación ya que es insubsanable².

Para recordar: La cadena custodia de la evidencia en la Investigación Judicial es indispensable y debe garantizarse en todo momento a fin de que la búsqueda de la verdad real de un hecho delictivo no quede convertida en prueba espuria o ilícita por una actividad procesal defectuosa.

El aseguramiento de la evidencia o elemento material probatorio susceptible de análisis genético o de ADN, llevado a cabo con una adecuada observancia del procedimiento de cadena de custodia, evita la contaminación y degradación de las muestras de ADN.

2 CAMPOS, Federico. La relevancia de la custodia de la evidencia en la investigación judicial. Med. leg. Costa Rica, mar. 2002, vol.19, no.1, p.75-87. ISSN 1409-0015.

2.5.1. AUTENTICIDAD DE LA CADENA DE CUSTODIA

Para demostrar la autenticidad –certeza, origen- del material, la cadena de custodia se aplica teniendo en cuenta tanto los factores de identidad, estado original, condiciones de recolección, preservación, embalaje y envío; como los lugares y fechas de permanencia y cambios que cada custodio haga. El nombre y la identificación de todas las personas que hayan estado en contacto con esos elementos quedarán registrados.

El funcionario que recoja, embale y rotule el elemento material probatorio o evidencia física la trasladará al laboratorio correspondiente, donde la entregará bajo el recibo que figura en el formato de cadena de custodia. A su turno, el servidor público que reciba dicho material lo entregará, según la especialidad, al perito correspondiente.

Este último dejará constancia del estado en que se encuentra el material y procederá a las investigaciones y análisis en el menor tiempo posible, para que su informe pericial pueda ser oportunamente remitido al fiscal correspondiente. El servidor que tenga el material probatorio o la evidencia física será responsable de que ese material no sea destruido, suplantado, alterado o deteriorado.

Tanto la policía judicial, como los peritos certificarán la cadena de custodia. Esa certificación es la afirmación de que los elementos hallados en el lugar, fecha y hora indicados en el rótulo son los que fueron recolectados por la policía judicial y son los mismos que fueron llevados al laboratorio para ser examinado por el perito, para ello se tendrá en cuenta el Manual de Procedimientos de Policía Judicial en Homicidios y Terrorismo, procedimiento PJH – MRC –IN – 09.

Por último, los remanentes del material analizado se guardarán en el almacén destinado para ese fin en el laboratorio, tras previa identificación para su pronta ubicación si las investigaciones lo requieren³.

La cadena de custodia no debe presentar ni una sola discontinuidad; por lo tanto deberá estar en todo momento documentada la localización exacta de las muestras originales, de las muestras de análisis, sus alícuotas y extractos. Esta custodia abarca desde la entrega al Centro por el transportista, la entrega al laboratorio, la conservación hasta el momento del análisis y durante el mismo y la custodia postanálisis hasta la devolución de las muestras originales al Juzgado cuando sea procedente o su destrucción. Todos los cambios de ubicación o de mano deben estar registrados y los posibles envíos al exterior documentados (devoluciones al Juzgado o envío a otros Laboratorios para ampliación de análisis).

3 Fiscalía General de la Nación. Semanario Sistema Acusatorio No. 17. Enero 11 de 2005.

Para tener en cuenta: Es importante resaltar que la Cadena de Custodia, es una herramienta muy utilizada a nivel mundial con el fin de garantizar la idoneidad, la autenticidad y la integridad de los Elementos Materiales Probatorios.

2.6. RECOLECCIÓN DE EVIDENCIAS FÍSICAS E INFORMACIÓN Y ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS

Para que de los elementos materiales probatorios o evidencia física -que por definición son únicos, pequeños y frágiles-, se pueda obtener información genética que conduzca a la identificación de personas, los procesos de recolección, almacenamiento y envío de dichos elementos o restos biológicos deben de ser extremadamente cuidadosos, siguiendo unas pautas sencillas y claramente preestablecidas. Si no se es consciente de esto, -pueden existir estas muestras en la escena del crimen y de cómo hay que recogerlas, mantenerlas y enviarlas -, las evidencias se perderán, se degradarán o se contaminarán, invalidando cualquier investigación posterior y privando a la administración de justicia en particular y a la sociedad en general, de datos que permitan esclarecer este tipo de hechos. Para asegurarse que estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos y presentarlas a lo largo del proceso, es necesario tener en cuenta el siguiente protocolo:

Las enormes posibilidades que ofrece la tecnología del ADN, no puede inducir a creer de una manera simplista, que a la hora de realizar la investigación en el lugar de los hechos se pueda pensar que la solución a la investigación dependerá del laboratorio, pues no sólo se trata de buscar una determinada evidencia, sino de hacerlo correctamente, de lo contrario podría perder su actividad biológica o que la prueba quede invalidada por un defecto en la investigación preliminar. Por elemental que parezca, no debe olvidarse que en los laboratorios sólo se estudia aquello que se remite, y que el análisis se inicia sobre el indicio en las condiciones en las que llega, no en las que se envía; de ahí la enorme importancia del indicio en el lugar de los hechos.

Cuando se lleva a cabo la recolección de elementos materiales probatorios o evidencia física, tanto dubitados como de referencia, deben mantenerse una serie de precauciones encaminadas a proteger tanto al personal (es importante resaltar el papel fundamental que juega el experto en la recolección de evidencias de manera que estas puedan ser tenidas en cuenta dentro del proceso penal que se desarrolla en torno a un delito, es por esto que debe ser una persona que demuestre su idoneidad, como lo establece el artículo 278 del Código de Procesamiento Penal “la identificación técnico científica consiste en la determinación de la naturaleza y características del elemento material probatorio y evidencia física,

hecha por los expertos en ciencias, técnica o arte") que realiza dicha recolección, como a la propia muestra, que como veremos también puede verse afectada, si el proceso no se lleva a cabo con las suficientes garantías.

Con relación a la protección del personal, debe considerarse como siempre que se manipula material biológico humano, es prudente asumir que este tipo de material puede contener patógenos potencialmente peligrosos y por tanto ser una posible fuente de infección (VIH, hepatitis, tuberculosis, meningitis, etc.). Es necesario, entonces, mantener una serie de precauciones universales como las que a continuación se detallan (Manual de Procedimientos de Policía Judicial en Homicidios y terrorismo, procedimiento PJH – MBL –IN – 15):

Prevenir, en todo momento, el contacto directo del operario con el indicio mediante el uso de guantes, mascarilla, bata u otro tipo de ropa protectora.

Prohibir el consumo de comidas y bebidas, así como de tabaco.

Extremar las condiciones de asepsia y siempre que sea posible utilizar material desechable. Una vez terminada la recolección del indicio, tirar todo el material desechable utilizado en contenedores para residuos biológicos, para eliminarlos posteriormente según las normas de destrucción de residuos biológicos.

Recomendar la vacunación al personal que está en contacto con este tipo de evidencias.

Cuando la recolección de elementos materiales probatorios o evidencia física se realiza en una sala de autopsias, estas precauciones deben extremarse al máximo.

Los análisis de ADN pueden recaer sobre muestras biológicas sean procedentes del imputado o sospechoso de la comisión del hecho punible, o también del lugar en que se ha producido el hecho delictivo. En el primer evento se requiere de una intervención corporal previa, mientras en el segundo no. El C. de P. P. contempla ambas posibilidades. Si se trata de **exámenes de ADN que involucren al indiciado o al imputado**, señala el artículo 245 que “cuando la policía judicial requiera la realización de exámenes de ADN, en virtud de la presencia de fluidos corporales, cabellos, vello público, semen, sangre u otro vestigio que permita determinar datos como la raza, el tipo de sangre y, en especial, la huella dactilar genética, se requerirá de orden expresa del fiscal que dirige la investigación”.

“Si se requiere cotejo de los exámenes de ADN con la información genética del indiciado o imputado, mediante el acceso a bancos de esperma y de sangre, muestras de laboratorios clínicos, consultorios médicos u odontológicos, entre otros, deberá adelantarse la revisión de legalidad, ante el juez de control de

garantías, dentro de las treinta y seis (36) horas siguientes a la terminación del examen respectivo, con el fin de establecer su legalidad formal y material”.

A su vez los artículos 213, 214, 215, 216 y 217 de la misma codificación consagran la posibilidad de recoger muestras biológicas susceptibles de ser analizadas genéticamente, las cuales procedan del lugar de los hechos.

Lo que se pretende, principalmente, al hablarse de inspección del lugar del hecho, es relevar la importancia que para efectos posteriores de análisis genético, ha de tener la garantía de autenticidad de las muestras recogidas. Esas medidas articuladas a aquellas que gobiernan lo concerniente a la cadena de custodia, son imprescindibles, para asegurar entre otros aspectos, la no contaminación de las muestras que se recogen y son enviadas al laboratorio, pero también de “... todos los elementos probatorios y evidencia física que tiendan a demostrar la realidad del hecho y a señalar al autor y partícipes del mismo”.

La obtención de ADN en el ámbito penal, por ejemplo, suele tener al menos dos escenarios y dos momentos distintos dentro del proceso. Por un lado se trata de obtener el ADN dubitado (la prueba) de la escena del delito o del cuerpo de la víctima y, por otro, la obtención del ADN de referencia de las personas implicadas en el proceso con las que realizar el análisis genético comparativo .

Dada la sensibilidad de las técnicas actuales de análisis genético en muestras forenses (cuyo límite de sensibilidad está cercano a detectar el contenido de ADN de unas docenas de células), el tipo y el número de posibles muestras, elementos materiales probatorios y vestigios biológicos susceptibles de ser identificados por ADN (sangre, semen, saliva, pelos, tejidos, restos celulares en objetos tocados, ...) se ha ido incrementando en los últimos años. Es lo que se busca a través del nuevo estatuto procesal penal cuando se regula la escena del crimen y la necesaria concurrencia del protocolo de cadena de custodia para asegurar el rápido aislamiento de la escena (evitando posibles contaminaciones o transferencia de evidencias), para una adecuada recogida y documentación de los elementos materiales de prueba de naturaleza biológica por personal especializado que aseguren la correcta conservación y la custodia de las muestras desde su recogida.

La posibilidad de poder demostrar de forma documentada la cadena de custodia de las muestras, es una garantía más para la admisibilidad de la prueba del ADN, durante el acto de la vista oral en el juicio.

La facilidad con que en la actualidad puede obtenerse una muestra biológica de referencia para acceder al perfil genético de un individuo (sin necesidad de violentar su integridad física con una extracción sanguínea mediante, por ejemplo, una toma de saliva o, incluso sin su participación directa, mediante la recogida de evidencias abandonadas por el imputado o mediante el análisis de sus familiares)

ha modificado también el tipo de intervención corporal necesaria para la obtención de las muestras de referencia de los imputados. En este punto es necesario resaltar los últimos cambios legislativos, llevados a cabo en nuestro país, con respecto a la obligatoriedad de someterse a la toma de muestras, que sin duda abren las puertas a la toma contra el consentimiento de los sospechosos si existen acreditadas razones según resolución motivada por un juez de acuerdo a los principios de proporcionalidad, tal y como se examinará más adelante al referirnos al tema de las intervenciones corporales.

Así pues, de la adecuada adopción de medidas mínimas de precaución en las labores de recogida, conservación y envío de las muestras al laboratorio, puede asegurarse la autenticidad de las muestras recogidas conforme lo exige el artículo 277 del C. de P. P. Existe una tendencia a considerar que únicamente la fase final del análisis de ADN, esto es, la aplicación del método científico en el laboratorio, es la verdaderamente importante y la que determinará el resultado final de la investigación. Sin embargo, dicho resultado final puede verse afectado si los elementos materiales probatorios y la evidencia física no se recogen y se trasladan adecuadamente al laboratorio, pues «el análisis se inicia sobre el indicio que se recibe, no sobre el que se manda». (ETXBERRÍA G., J. F., Los análisis de ADN en la Ley de Enjuiciamiento Criminal, La Ley, No. 4, Año 1 – Abril 2004, pág. 6.)

Por tales razones, se insiste por los científicos, en la importancia de mantener la cadena de custodia haciendo constar las personas que hayan podido tener contacto con las muestras o vestigios durante la totalidad del proceso.

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores veremos que la investigación pericial consta de las siguientes etapas:

2.6.1. BÚSQUEDA EN LA ESCENA DEL CRIMEN O SOBRE LAS VÍCTIMAS Y/O LOS IMPLICADOS

La escena del crimen (artículo 213 del C. de P. P., inspección del lugar del hecho) es el lugar relacionado con la comisión del delito en alguna de sus fases y en el que debe haber quedado alguna huella o signo del autor o de algunas de las características del hecho. Esta definición nos indica que no tiene por qué ser única dicha escena. Se denomina *Escena del Crimen Primaria* al lugar donde se encuentra el cadáver (o cuerpo del delito), pues suele ser donde se inicia la investigación.

Sin embargo puede haber dos o más escenas del crimen denominadas *Escenas Secundarias* (artículo 215 del Código de Procedimiento Penal, Inspecciones en lugares distintos al del hecho), y suelen estar en relación a: i) lugar desde donde se trasladó el cadáver; ii) lugar donde se produjo el ataque; iii) lugar donde falleció

la víctima; y iv) lugar donde se descubre cualquier indicio, vehículo usado para transportar el cuerpo, puntos forzados para entrar, ruta de huida, sospechoso (ropa, manos y cuerpo). Cada una de las escenas debe ser estudiada con la misma disciplina y meticulosidad, recordando que en los espacios físicos debe incluirse la zona circundante, no sólo el lugar donde se encuentran las evidencias (Manual de Procedimientos de Policía Judicial en Homicidios y terrorismo, procedimiento PJH – OAL –PO – 04).

La importancia de la escena del crimen (primaria o secundaria) se debe a que aporta los datos necesarios para iniciar o continuar la investigación mediante los elementos materiales probatorios o evidencia física. Estos, pueden ser muy diversos, clasificándolos según sus características en los siguientes grupos, aunque no se trata de una clasificación estricta ya que una misma evidencia puede pertenecer a varias categorías:

Según su origen animal o no: Orgánicos / No orgánicos.

Según su tamaño y la posibilidad de visualizarlos a simple vista: Macroscópicos / Microscópicos.

Según se dejen o se tomen del lugar de los hechos: Positivos/Negativos.

Concretos/Descriptivos; según pudieran trasladarse o no al laboratorio.

Según puedan identificar a un individuo o a un grupo: Características Individuales/ Características de Clase.

Para Recordar: De la clasificación anterior se deduce que los Elementos materiales probatorios o evidencia física pueden ser muy diversos y que, por lo tanto, pueden ser muy distintos los profesionales que se vean envueltos en la investigación de unos hechos criminales.

2.6.2. RECOLECCIÓN DE ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS O EVIDENCIA FÍSICA

Tras ser reconocida, toda evidencia debe ser adecuadamente filiada (si no lo es, su origen puede ser cuestionado), recogida (si no es recogido correctamente, su actividad biológica se puede perder), empaquetada (si es incorrectamente empaquetado puede haber contaminación cruzada) y preservada (si no es adecuadamente preservado, su degradación y descomposición puede afectar el estudio). Artículo 216 del Código de Procedimiento Penal, Aseguramiento y Custodia.

En la filiación, se debe apuntar perfectamente, cómo y donde se encontraba el elemento, describiéndolo y relacionándolo con otros objetos o elementos materiales probatorios o evidencia física, todo lo cual debe de hacerse antes de moverlo. La realización de fotografías y esquemas es de gran utilidad.

Durante la recolección, conservación y envío (Manual de Procedimientos de Policía Judicial en Homicidios y terrorismo, procedimiento PJH – REN –IN – 05), debe evitarse la contaminación, ya que cualquier material orgánico procedente de los manipuladores puede imposibilitar el estudio. En este sentido deben seguirse las siguientes normas generales:

- a. Procurar las máximas condiciones de esterilidad, Lo esencial en la recuperación del material es minimizar la contaminación de las muestras con ADN extraño, (se debe tener especial cuidado con cada elemento que se encuentre en el lugar del hecho, y las personas que llegan primero al mismo, gotas de sudor, sangre, saliva, células epiteliales o cabellos de todos los que analizan el sitio o llegaron a él, deben tener total cuidado, porque pueden ser agentes contaminantes e invalidar las pruebas o los resultados devueltos por los laboratorios) usando guantes, patucos -si se entra en la escena del crimen- e instrumentos esterilizados o adecuadamente para la obtención de materiales (pinzas, tijeras etc.).
- b. Volver a limpiar o utilizar un nuevo instrumento para recoger un indicio diferente. En caso de que se estén utilizando guantes, cambiarlos.
- c. Usar diferentes recipientes para cada elemento material probatorio y evidencia física, aunque hayan sido recogidos en lugares muy próximos o estuviesen juntos.
- d. Etiquetar perfectamente cada uno de los recipientes haciendo referencia al menos a: fecha, hora, identificación de la víctima, localización del elemento material probatorio, tipo y número del mismo, nombre de la persona que lo recoge y referencia al caso judicial (número de diligencias).
- e. Enviar lo más rápidamente posible al Juzgado o laboratorio, asegurando que las muestras que lo necesiten, lo hagan en las condiciones adecuadas.
- f. Es fundamental y básico tomar muestras testigo de la víctima y/o sospechoso. Lo haremos a ser posible extrayéndole sangre, o en su defecto mediante un raspado o frotis de la cavidad bucal (siempre con autorización de la persona implicada).
- g. Tomar la filiación de todas las personas que han intervenido o colaborado en la recogida de la evidencias por si se produce algún problema de contaminación cruzada.

Estas normas generales se completarán con aquellas que son específicas a determinados vestigios orgánicos y a su forma de presentación, tales como:

2.6.2.1. Elementos materiales probatorios o evidencias físicas líquidas.

Se deben recoger con una jeringa estéril; la sangre debe mantenerse anticoagulada preferiblemente con EDTA, sirviendo en su defecto cualquier

otro producto. También se pueden utilizar para su recolección algodón, gasas, o hisopos estériles, dejándolos secar antes de almacenar.

2.6.2.2. Elementos materiales probatorios o evidencias físicas húmedas

Como se ha señalado, hay que dejarlos secar a temperatura ambiente, sin aplicar ninguna fuente de calor. No deben guardarse en estado húmedo, ya que la humedad favorece el crecimiento bacteriano que puede afectar a la calidad del indicio.

2.6.2.3. Manchas secas.

Las podemos encontrar sobre objetos transportables (cuchillo, bolígrafo, entre otros) o sobre objetos no transportables. Dentro de los primeros debemos incluir aquellos que se pueden cortar (cortinas, alfombras, textiles, papel, etc.), en caso de que se puedan transportar enviaremos el objeto o el trozo cortado del mismo, excepto si se trata de alguna prenda de vestir que la remitiremos sin cortar. Cuando el objeto no es transportable (suelo, muebles, pintura, etc.) procederemos a raspar la mancha con un instrumento estéril o al menos limpio, depositando el raspado en un papel de similares caracteres, que se doblará e introducirá en un recipiente hermético limpio para mantener el indicio. Para el caso en que sean localizadas pequeñas gotas -como consecuencia de salpicaduras- se debe raspar o tratar de recuperarlas aplicando sobre ellas una cinta adhesiva.

2.6.2.4. Restos sólidos.

Con la misma precaución, procederemos a su recogida y almacenamiento. Cuando sean antiguos podremos cogerlos directamente usando guantes, pero sin son recipientes, frágiles o maleables debemos usar pinzas.

2.6.2.5. Pelos.

Siempre se mantendrá el cuidado que las normas generales aconsejan, debiendo ser recogidos con pinzas. Debe evitarse un fallo muy frecuente al manejar pelos, ya que hay que almacenar cada pelo en un recipiente diferente, pese a que aparezcan todos juntos e incluso parezcan, macroscópicamente, proceder de una misma persona.⁴

Un tema aparte lo representan los huesos en casos antiguos o identificación de restos con varios años o meses en cualquier medio, agua, tierra o sales de determinados terrenos. También se hace hincapié en dos casos que nos tocan muy de cerca como lo son restos de fosas comunes. Los huesos deben ser manipulados con guantes de cirugía para evitar la contaminación con células epiteliales o sudor, como se dijo previamente. En lo posible trabajar con los huesos reciente-

4 M. Lorente Acosta, J. A. Lorente Acosta, E. Villanueva Cañas, Cuadernos de Medicina Forense, nº 3, enero 1996

mente desenterrados, sin lavar. El lavado, el secado y posterior almacenamiento estando húmedo pueden enmohercerlo y acelerar el proceso de degradación. El exceso de tierra o ceniza se elimina con escalpelo y el hueso se limpia en un chorro abrasivo de arena fresca de óxido de aluminio. Posteriormente, se elimina el polvo del hueso y el óxido de aluminio del hueso limpio utilizando una brocha suave (Hagelberg y Clegg, 1991: 45-46).

2.7 SISTEMAS DE EMPAQUETADO Y PRESERVACIÓN DE ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS O EVIDENCIA FÍSICA

La adecuada preservación desde su recolección hasta su llegada al laboratorio es fundamental, pues los elementos materiales probatorios o evidencia física biológica, especialmente aquellos húmedos y los líquidos son vulnerables a la degradación del ADN en pocas horas. Por ello es fundamental realizar un correcto empaquetado y que los elementos líquidos, los tejidos blandos y órganos y los elementos húmedos (si por algún motivo no es posible dejarlos secar) se mantengan y envíen refrigerados. Además es imprescindible que todos los recipientes, ya sean tubos, bolsas, cajas, etc., estén correctamente identificados y precintados. Ya que esto es lo que nos va a garantizar la autenticidad e integridad de las muestras.

2.8 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS O EVIDENCIA FÍSICA

En todos los recipientes debe haber un espacio reservado para su identificación, en el que debe constar: El número de referencia del indicio, tipo, a quien pertenece y/o la localización.

2.9 SISTEMAS DE EMPAQUETADO

En la actualidad hay numerosos tipos de recipientes que nos pueden servir para empaquetar los elementos materiales probatorios o evidencia física e incluso se están desarrollando algunos kits que pueden tener gran interés. A continuación vamos a describir algunos sistemas de empaquetado en función de las muestras o vestigios que se quieran enviar al laboratorio.

2.9.1 TUBOS CON ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS O EVIDENCIAS FÍSICAS LÍQUIDAS

Los tubos serán introducidos en tubos de transporte con cierre irreversible, que serán correctamente identificados y se mantendrán y enviarán refrigerados al laboratorio, lo más rápidamente posible.

2.9.2 FRASCOS O RECIPIENTES CON ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS O EVIDENCIAS FÍSICAS LÍQUIDAS O CON ÓRGANOS, TEJIDOS BLANDOS, ETC.

Estos recipientes que deben tener un cierre de rosca o hermético serán precintados, correctamente identificados, se mantendrán y enviarán refrigerados al laboratorio, lo más rápidamente posible.

2.9.3 HISOPOS ESTÉRILES EN SECO

Una vez recogidos los vestigios, los hisopos serán empaquetados en cajas de cartón pequeñas comercializadas de forma especial para tal fin. Este tipo de cajas permite que los hisopos estén protegidos y se sequen totalmente. Ya identificadas serán precintadas y enviadas al laboratorio sin refrigerar. Si no es posible disponer de estos kits, los hisopos, recogidos los vestigios biológicos, deben identificarse o numerarse y dejarse secar totalmente a temperatura ambiente, en un lugar protegido, antes de ser introducidos en sus fundas. Posteriormente se introducen en las fundas que serán correctamente identificadas y precintadas para su envío al laboratorio.

2.9.4 MUESTRAS CON MANCHAS SECAS

Cada muestra será colocada sobre un papel (para que no se pierdan elementos materiales probatorios o evidencia física biológicos como pelos, costras...etc.) que será doblado e introducido en una bolsa de papel precintada y correctamente identificada. Enviar al laboratorio sin refrigerar.

2.9.5 PELOS DEBITADOS.

Deben ser recogidos en papeles pequeños que serán doblados con cuidado y posteriormente introducidos en bolsas de papel precintadas y, correctamente identificadas. Enviar al laboratorio sin refrigerar.

2.9.6 COSTRAS, RASPADURAS, UÑAS, ETC.

Deben ser recogidas en papeles pequeños que serán doblados con cuidado y posteriormente introducidos en bolsas de papel precintadas y correctamente identificadas y enviadas al laboratorio sin necesidad de refrigerar.

2.9.7 HUESOS Y DIENTES

Se introducen en bolsas de papel y cajas de cartón adecuadas a su tamaño, que deben ser precintadas y correctamente identificadas, pudiendo enviarse al laboratorio sin refrigeración. Los huesos, si por algún motivo mantienen restos de putrílago, deben ser introducidos en recipientes plásticos de cierre hermético que serán precintados y correctamente identificados, manteniéndose y enviándose refrigerados al laboratorio, lo más rápidamente posible.

2.10 RECEPCIÓN DE ELEMENTOS MATERIALES PROBATORIOS O EVIDENCIA FÍSICA EN EL LABORATORIO

Al recibir los elementos materiales probatorios o evidencias físicas en el laboratorio, se deben tener en cuenta entre otras las siguientes normas generales y el procedimiento establecido por la Fiscalía General de la Nación. (Manual Único de Policía Judicial, aprobado por acta No. 053 de 13 de mayo de 2005).

- Recibir los elementos materiales probatorios o evidencias físicas y llenar la hoja de custodia, donde debe constar: Nombre de la persona que los entrega. Nombre de la persona que los recibe. Fecha y hora de la entrega. Empresa que realiza el transporte (si procede).
- Verificar el número de referencia de cada evidencia y compararla con el formulario enviado por el Médico Forense o por la Policía Judicial. Anotar las discrepancias, si las hay.
- Comprobar que todas los Elementos materiales probatorios o evidencias físicas están bien empaquetados y que los precintos están íntegros.
- Al abrir los recipientes, bolsas, etc., que contienen los elementos materiales probatorios o evidencia física, comprobar que la identificación y descripción son correctas. Anotar las discrepancias.
- Fotografiar los Elementos materiales probatorios o evidencia física y anotar su estado de conservación. Cada centro podrá establecer sus propias acciones

correctivas, cuando se detecten defectos en el empaquetado o errores en la identificación de los mismos⁵.

Para tener en cuenta: Durante *El proceso de recolección, filiación, transporte y recepción de los Elementos Materiales* se deben tener en cuenta parámetros mínimos que asegurar la autenticidad de los mismos, de igual manera protegen al personal de posibles contaminaciones con materiales patógenos.

2.11. AUTO-EVALUACIÓN

Caso: Sobre la aplicación de la cadena de custodia en la preservación de elementos materiales de prueba y evidencias sobre vestigios biológicos objeto de posterior análisis genético o de ADN.

Objetivo formativo: sensibilizar al funcionario judicial sobre la importancia de conocer y verificar el adecuado manejo de la cadena de custodia como soporte posterior de una mayor utilidad probatoria de las evidencias sobre vestigios biológicos.

Construcción del caso: Deberá previamente construirse y adecuarse una escena del crimen que comprenda el hallazgo de vestigios biológicos tales como saliva, cabello, sangre, semen, restos de uña, ropa etc., para luego aplicar todas las etapas del procedimiento de cadena de custodia, incluyendo las particularidades técnicas con que debe manipularse cada uno de los elementos materiales de prueba encontrados.

5 ALER GAY Mercedes, Sección de Biología Forense. Unidad Docente de Medicina Legal. Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. Valencia. Félix Carrasco Lozano, Laboratorio de ADN. Jefatura de Investigación y Criminalística. Dirección General de la Guardia Civil. Madrid. José Antonio Lorente Acosta, Laboratorio de Identificación Genética. Departamento de Medicina Legal. Universidad de Granada. Granada. M^a Victoria Prieto Ruiz-Canela, Sección de Biología. Instituto de Toxicología. Departamento de Sevilla. Sevilla. Elena Rivas San Martín Laboratorio de Biología-ADN. Comisaría general de Policía Científica. Servicio Central de Analítica. Madrid. Lourdes Fernández de Simón, Sección de Biología. Instituto de Toxicología. Departamento de Madrid. Recomendaciones para la Recogida y Envío de Muestras con fines de identificación Genética. Grupo Español y Portugués de la ISFG, Madeira. 2000.

UNIDAD 3

3. LA PRUEBA DE ADN, DERECHOS FUNDAMENTALES Y JUEZ DE CONTROL DE GARANTÍAS



Analizar y explicar como la práctica de los análisis de ADN incide en una serie de derechos fundamentales de la persona afectada con las llamadas intervenciones corporales que conllevan la toma de muestras biológicas. Procedimiento que requiere la intervención del Juez de Control de Garantías a fin de otorgar la respectiva autorización cuando quiera que no medie el consentimiento de la persona afectada con dichas medidas.



3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar los derechos fundamentales afectados con aquellas intervenciones corporales que implican análisis de ADN y que recaigan sobre vestigios biológicos separados o no del cuerpo de la persona.

Examinar los requisitos materiales y formales, así como los criterios - doctrinal y jurisprudencial -, que orientan la toma de decisión y la propia solicitud que debe hacer el Fiscal ante el Juez de Control de Garantías, quien finalmente autoriza o no la intervención, inspección corporal o la toma de muestras de la propia víctima del delito.

3.3. ACTIVIDAD PEDAGÓGICA

ANALISIS: CASO: Sobre distinción entre registro personal e inspección corporal
Objetivo formativo concreto: Deslindar conceptualmente ambas medidas.

Descripción del supuesto fáctico planteado: Dos miembros de la policía Nacional observaron en la calle como el imputado A.B.C.. intercambiaba de forma rápida

con otra persona un envoltorio de pequeñas dimensiones, y al acercarse el personal policial se colocó el envoltorio en la boca con la finalidad de tragárselo, siendo impedida dicha acción por los agentes policiales quienes consiguieron que lo expulsara de la boca. En el interior de la bolsa se encontró una sustancia que tras su análisis resultó ser cocaína.

Determine la licitud de la actuación policial

3.4. INTRODUCCIÓN

El nuevo Código de Procedimiento Penal (C. de P. P.) procura establecer un adecuado equilibrio entre la tutela y protección de los derechos y garantías de los individuos, articulado a los mecanismos e instrumentos que permiten al Estado ejercer su labor de investigación y aplicación del sistema punitivo. Bajo tal perspectiva se han consagrado medidas que permiten las intervenciones personales (artículos 246 y ss.). Sin embargo, el reequilibrio garante de los derechos de la ciudadanía, se busca mediante la inclusión de determinados controles que puedan operar en cada nivel de actuación del Estado (Policía Judicial, Fiscal y básicamente el Juez de Control de Garantías¹), bajo cuyo concurso, por imperativo legal debe acudirse cuando se configuren eventos improprios o excesos, de acuerdo con las reglas constitucionales y con las contenidas en el Código y en las leyes especiales mirando la realización de esas intervenciones corporales.

Se trata, por supuesto, de preservar la transparencia del debido proceso y del derecho de defensa, en donde se conjuga, por un lado, la actividad punitiva o sancionatoria del Estado, con los derechos de los individuos que han de ser sometidos a proceso por la comisión de delitos, guardando la proporcionalidad que se requiere en el ejercicio mismo de la búsqueda de elementos o fuentes probatorias, su aseguramiento a través de la cadena de custodia y la afectación o daño que puede producirse con ese desempeño.

En este capítulo se analizarán, entonces, las medidas de intervención corporal en relación con la Prueba de ADN o análisis genéticos (la Inspección corporal, el registro personal, la obtención de muestras que involucren al imputado, a terceros y a la víctima de agresiones sexuales, previstos en los artículos 246 y s.s. del C. de P. P.), orientándose el análisis a la identificación de los requisitos, trámites, alcances y efectos de tales actuaciones.

1 Expresa la Corte Constitucional en sentencia C-591/05 que: "...la institución del **juez de control de garantías** en la estructura del proceso penal es muy importante, como quiera que a su cargo está examinar si las facultades judiciales ejercidas por la Fiscalía se adecúan o no a sus fundamentos constitucionales y, en particular, si su despliegue ha respetado o no los derechos fundamentales de los ciudadanos".

Para Recordar: Las intervenciones corporales tienen en común que se realizan sobre una persona, pero no considerada desde el punto de vista subjetivo, de ciudadano titular de derechos, sino que la investigación, pesquisa o pericia se realiza objetivamente sobre la materialidad del ser humano, y además mientras el mismo permanece vivo.

3.5. LAS INTERVENCIONES CORPORALES² Y EL ADN COMO DILIGENCIAS DE LA INVESTIGACIÓN PENAL

Es este un tema controversial en el derecho procesal penal, pues conlleva la práctica coactiva de medidas de investigación sobre el cuerpo del imputado, de la víctima o de terceros, que impliquen la exploración del cuerpo desnudo, de sus cavidades naturales, o la obtención de muestras corporales tales como saliva, sangre, semen, o el registro externo del cuerpo³.

Los poderes públicos, particularmente el poder judicial, se ven obligados con cierta frecuencia a practicar diferentes diligencias o medidas, las cuales tienen por objeto el examen superficial o en profundidad del cuerpo humano de una persona viva, en el curso de un proceso penal, por ejemplo. Bajo una mirada amplia, todas esas actuaciones suelen llamarse *intervenciones corporales* y tienen en común el que se realizan sobre la materialidad de una persona viva.

Las intervenciones corporales son definidas como⁴ “aquellas medidas de investigación que se realizan sobre el cuerpo humano de las personas⁵, sin necesidad de obtener su consentimiento⁶, y por medio de la coacción física si es preciso, con el fin

2 Adopts dicha terminología, la Corte Constitucional en Sentencia T-690 de 2004.

3 Sentencia Corte Constitucional C-822 de 2005

4 Ibídem, reseña que “Estos mecanismos se denominan genéricamente como “intervenciones corporales”, “investigaciones corporales”, “registros íntimos,” o “inspecciones personales”.

5 Ibídem, sentencia citada. “Dentro de este conjunto de medidas también se ha incluido el registro externo del cuerpo de la persona cuando se realiza con el fin de obtener evidencia física relevante para la investigación penal de un hecho delictivo que se encuentra oculta en la indumentaria del individuo. Este registro se diferencia de la figura de los cacheos o requisas que realizan las autoridades de policía con el fin de prevenir la comisión de delitos”.

6 MORA SÁNCHEZ, Juan Miguel, Aspectos sustantivos y Procesales de la Tecnología del ADN, Granada: Pomares, 2001, página 178. La doctrina no es unánime en relación con la parte de la definición en la que se dice “sin necesidad de obtener su consentimiento, y por medio de la coacción física si es preciso”. “En efecto, en el sistema español, de acuerdo con la normatividad allí vigente, no puede someterse coactivamente a ninguna persona para que soporte este tipo de intervenciones, así mediante ellas se busque la obtención de la verdad material, la que debe obtenerse por vías formalmente establecidas, siendo la medida contraria al derecho a la libertad personal.

Frente a una negativa injustificada, señalan, que la conducta obstrucciónista y antisocial de quien injustificadamente se niega a aquel reconocimiento constituye un fraude de ley o abuso de derecho que puede representar en el proceso un indicio a conjugar con otros elementos probatorios”.

de descubrir circunstancias que sean de interés para el proceso, en relación con las condiciones o el estado físico o psíquico del sujeto, o con el fin de encontrar objetos escondidos en él. Requisitos incluidos para su admisibilidad son que no revistan peligro para la salud y que sean practicados por un médico de acuerdo con la ‘lex artis’⁷.

De manera general, la intervención corporal puede tener como finalidad obtener muestras o tejidos biológicos del propio imputado (cabellos, saliva, semen, etc.), para compararlos a través de los correspondientes análisis periciales de ADN, con los vestigios o huellas localizados en el lugar de los hechos y determinar su participación en el hecho punible. Por ello, es importante aclarar que, para comprender cuando surge la necesidad de estas medidas en la investigación penal, debe distinguirse entre la realización del estudio o análisis de ADN y las diligencias que previamente le sirven de soporte, es decir, las intervenciones corporales. Para que el análisis genético que permite identificar a una persona pueda materializarse, resulta en ocasiones indispensable, la obtención previa del material biológico necesario para ello mediante la práctica de la respectiva intervención corporal.

3.6. CLASES DE INTERVENCIONES CORPORALES

La Corte Constitucional anota que dentro de este conjunto de medidas se encuentran “(i) el registro corporal, entendido de manera general como la exploración de la superficie del cuerpo, o bajo la indumentaria de la persona para buscar cosas sujetas al cuerpo mediante adhesivos; (ii) la inspección corporal, que se emplea para examinar los orificios corporales naturales (boca, ano, vagina, etc.) y el interior del cuerpo de la persona afectada, cuando el objeto buscado ha sido deglutido u ocultado en el interior de tales orificios; y (iii) la obtención de muestras íntimas, tales como semen, sangre, saliva, cabellos, etc.”. (Sentencia C-822 de 2005)⁸.

7 GONZÁLEZ-CUÉLLAR SERRANO, N., Proporcionalidad y derechos fundamentales en el proceso penal, Madrid: Colex, 1990, pág. 290; en el mismo sentido el Principio 23 del Proyecto de reglas mínimas de las Naciones Unidas para la administración de la Justicia Penal dice: “Toda intervención corporal está prohibida salvo que se cuente con el consentimiento del afectado. Sin embargo y sólo cuando no exista otro medio para descubrir el presunto delito, la autoridad judicial podrá acordarla, atendida la gravedad del mismo y la falta de peligro para la salud del afectado. La intervención corporal deberá ser siempre practicada por un profesional de la medicina de acuerdo con la “lex artis” y con el máximo respeto a la dignidad e intimidad de la persona”.

8 El Tribunal Constitucional Español (STCE 207/1996, de 16 diciembre, conocido como caso Belluga López), distingue entre las inspecciones o registros corporales y las intervenciones corporales, en

3.7. DERECHOS FUNDAMENTALES AFECTADOS

La práctica de intervenciones corporales puede afectar varios derechos fundamentales y constitucionales . “En primer lugar, dado que suponen la exposición del cuerpo del individuo a procedimientos en los que se utiliza el cuerpo mismo de la persona, la práctica de estas diligencias incide en la dignidad humana. En segundo lugar, las intervenciones corporales afectan el derecho a la intimidad porque ¿aún en el caso del registro personal que es un procedimiento menos invasivo que la inspección corporal en la que se realiza la exploración de orificios corporales -, implican en todo caso exposición o tocamientos del cuerpo o de partes del cuerpo normalmente ocultas a la vista y fuera del alcance de las personas. En tercer lugar, también pueden afectar el derecho a la integridad física en el evento que la extracción de muestras implique el uso de agujas o punciones de algún tipo, o que su práctica conlleve la exploración de cavidades u orificios naturales mediante la introducción de aparatos o instrumentos manejados por personal médico o científico, o inclusive una intervención quirúrgica. En cuarto lugar, dado que se trata de medidas cuya práctica puede ser impuesta al individuo,

sentido estricto. Las primeras consisten en cualquier género de reconocimiento del cuerpo humano, bien sea para la determinación del imputado (diligencias de reconocimiento en rueda, exámenes dactiloscópicos o antropomórficos....) o de circunstancias relativas a la comisión del hecho punible (electrocardiogramas, exámenes ginecológicos....), o para el descubrimiento del objeto del delito (inspecciones anales, vaginales y, también bucales....). En principio no resulta afectado el derecho a la integridad física, al no producirse, por lo general, lesión o menoscabo del cuerpo, aunque sí puede verse afectado el derecho fundamental a la intimidad corporal cuando recaen sobre partes íntimas del cuerpo (por ejemplo, un examen ginecológico), o inciden en la privacidad.

Para un sector de la doctrina no resulta adecuado incluir dentro de las inspecciones o registros corporales las diligencias de reconocimiento en rueda y los exámenes dactiloscópicos pues difícilmente se afecta al derecho a la intimidad corporal; por ejemplo, IGLESIAS CANLE, I., Investigación penal sobre el cuerpo humano y prueba científica, Edit Colex, Madrid, 2003, pág. 18.

Las intervenciones corporales, en un sentido estricto, consisten en la extracción del cuerpo de determinados elementos externos o internos para ser sometidos a informe pericial (análisis de sangre, orina, pelos, uñas, biopsias...) o en su exposición a radiaciones (rayos X, TAC, resonancias magnéticas...), con objeto también de averiguar determinadas circunstancias relativas a la comisión del hecho punible o a la participación en él del imputado. En estos casos el derecho que puede verse afectado es el derecho a la integridad física, en tanto implican una lesión o menoscabo del cuerpo, siquiera sea de su apariencia externa.

Atendiendo al grado de sacrificio que impongan a este derecho se pueden clasificar en leves o graves. Tendrán la consideración de leves cuando, a la vista de todas las circunstancias concurrentes, no sean, objetivamente consideradas, susceptibles de poner en peligro el derecho a la salud ni de ocasionar sufrimientos a la persona afectada, como por lo general ocurrirá en el caso de la extracción de elementos externos del cuerpo (como el pelo o uñas) o incluso de algunos internos (como los análisis de sangre), y graves, en caso contrario (como por ejemplo, las punciones lumbares, extracción de líquido cefalorraquídeo....).

tal característica supone una limitación de la autonomía personal. En quinto lugar, también se ha afirmado que las intervenciones corporales inciden en el derecho a no autoincriminarse, en la medida en que a través de ellas se pueden obtener medios probatorios que conduzcan a demostrar la responsabilidad del individuo. En sexto lugar, se afirma que también inciden en la libertad de movimiento del individuo afectado, pues para su práctica se hace necesario limitar temporalmente la posibilidad de circular libremente, o trasladarlo al sitio donde se encuentra el personal médico o científico. Y, finalmente, dependiendo de los hechos, puede ser pertinente analizar la prohibición de la tortura, así como la prohibición de tratos crueles, inhumanos o degradantes, puesto que la forma, condiciones y frecuencia con las cuales se practiquen las inspecciones corporales o la toma de muestras íntimas puede significar un grado de sufrimiento físico o moral constitucionalmente inadmisible”⁹.

3.8. PRESUPUESTOS LEGALES Y OBJETIVOS

El Código de Procedimiento Penal se ocupa de tres eventos básicos, que concurren a la realización y aplicación de los análisis genéticos en el esclarecimiento de los hechos penalmente investigados. En primer lugar, la realización de los análisis de ADN es precedida, haciendo salvedad de las muestras o vestigios biológicos encontrados en el lugar de los hechos, de la correspondiente interven-

9 Sentencia Corte Constitucional C-822 de 2005. Por otra parte, en este mismo fallo, ha considerado el alto tribunal que: “Dado el amplio espectro de derechos afectados por las intervenciones corporales, así como la intensidad que puede adquirir esa afectación en la práctica, tanto en el derecho internacional de los derechos humanos como en el derecho comparado, se ha rodeado a estas medidas de exigencias formales y materiales orientadas a impedir una incidencia excesiva, de los derechos fundamentales en juego. Por ello se ha entendido que la constitucionalidad de tales medidas depende del respeto del principio de proporcionalidad - esto es, que no tengan una incidencia desproporcionada en los derechos -, así como del principio de legalidad, apreciados en el contexto de una sociedad democrática.

(...)

“Adicionalmente, se ha considerado que la aplicación del principio de proporcionalidad exige el cumplimiento de dos tipos de requisitos. En primer lugar, en cuanto a los requisitos formales, se ha exigido una decisión judicial para ordenar o autorizar su práctica durante la investigación, cuando no se cuente con el consentimiento del inspeccionado físicamente y que tal decisión sea motivada, a fin de evitar la arbitrariedad y asegurar la posibilidad de controles posteriores tanto a la decisión, como a su aplicación. Algunos países establecen excepciones a esta reserva judicial, como, por ejemplo, cuando el sujeto sobre el cual recaen las medidas de manera previa, consciente, libre y específica otorga su consentimiento para la práctica de las mismas, cuando se trate de la obtención de muestras no íntimas de las personas, cuando su práctica sea urgente o exista riesgo para el éxito de la investigación derivado de la demora”.

ción corporal; en segundo lugar, la propia realización del análisis genético o de ADN, pues en nuestra información genética existen determinados ámbitos caracterizados por su variabilidad, lo que la convierte en un instrumento útil para la identificación de personas, salvo que se trate de personas gemelas univitelinos, la información o código genético correspondiente a cada persona es único y distinto a la de los demás individuos; y en tercer lugar, la eficacia de los análisis de ADN vinculados a la investigación penal depende en buena medida de que la información se incorpore a una base de datos informatizada con la cual poder comparar los perfiles de ADN que puedan realizarse hacia el futuro.

Como consecuencia y de manera específica, se puede expresar que la práctica de una prueba de ADN presupone contar necesariamente con material biológico que permita su análisis. Sin embargo, no son pocos los eventos, bajo los cuales, como ya se ha mencionado, la obtención de las respectivas muestras sobre las cuales ha de gravitar dicha prueba, debe hacerse sobre el cuerpo del imputado o del lesionado.

Conforme lo dicho, ocurre que en la extracción previa de la muestra biológica, así como para su correspondiente análisis genético posterior, pueden resultar limitados ciertos derechos fundamentales del sujeto destinatario de la prueba a practicar. Limitaciones válidas y lícitas dado el carácter no absoluto de los derechos fundamentales, pudiendo éstos, en ciertos casos, cuando así lo exijan superiores intereses, y cumpliéndose una serie de requisitos, sufrir determinadas restricciones.

Dentro de algunos de esos requisitos o garantías, que tienen que darse para la correcta práctica de una pericia de esta naturaleza, mediando intervención corporal, se pueden destacar los requisitos objetivos y formales: entre los primeros se encuentra el de previsión legal (Artículo 250, numeral 3 de la C. P., en concordancia con el artículo 276 del C. de P. P.) y proporcionalidad¹⁰; entre los segundos está el de decisión judicial previa y motivada (artículo 246 del C. de P. P.)¹¹. De lo contrario, - por la inobservancia de tales requisitos -, podría no tener ningún valor probatorio la prueba realizada al ser calificada como

10 Corte Constitucional, Sentencia C - 822/05.

11 Señalamos que cuando nos refiramos, más adelante, al tema de las intervenciones corporales, las cuales conllevan una afectación de derechos fundamentales, como tendremos ocasión de examinar, corresponde exclusivamente a la autoridad judicial – juez de control de garantías, ante la falta de consentimiento del sujeto, la facultad de acordar la práctica de dichas medidas restrictivas en el seno de una investigación penal (principio de exclusividad jurisdiccional). Esta es la solución adoptada en el art. 246 del C. de P. P, en donde la práctica de extracciones de sangre y fluidos en general, además de otros estudios corporales, precisa de autorización judicial. En el mismo sentido sentencia C-822 de 2005.

ilícita. La adopción de estas medidas debe estar sometida a la necesaria autorización judicial.

Al juez de control de garantías¹² – numeral 3 del artículo 250 de la C. P.-, le corresponde, en el estatuto procesal penal – artículos 246 y siguientes del C. de P. P. -, controlar la legalidad y proporcionalidad de la medida injerente. Principios que actúan como verdaderos presupuestos constitucionales de toda medida limitativa de derechos fundamentales acordada en el ámbito de una investigación penal¹³.

3.8.1. PRINCIPIO DE LEGALIDAD

El principio de legalidad exige que la medida limitativa de derechos fundamentales esté prevista expresamente en la ley¹⁴. Constituye una garantía del Estado de Derecho, que expresa el principio de supremacía de las leyes, del que se deriva la vinculación positiva a la ley del poder ejecutivo y judicial. Es un presu-

12 Véanse sus antecedentes, funciones y consagración legal en: GUERRERO PERALTA, Oscar, El Juez de Control de Garantías, Reflexiones sobre el nuevo Sistema Procesal Penal. Bogotá: Consejo Superior de la Judicatura, 2004, páginas 177 y s.s.

13 Señala la Corte Constitucional en sentencia C-951 de 2002 que: “En sentido constitucional, la proporcionalidad es un principio de corrección funcional de toda la actividad estatal que, junto con otros principios de interpretación constitucional, unidad de la Constitución, fuerza normativa, fuerza integradora, concordancia práctica, armonización concreta, inmunidad de los derechos constitucionales e interpretación conforme a la Constitución, busca asegurar que el poder público, actúe dentro del marco del estado de derecho, sin excederse en el ejercicio de sus funciones. Su fundamento normativo último está dado por los principios fundamentales de Estado de Derecho (artículo 1 CP.), fuerza normativa de la Constitución (artículo 4 CP.) y carácter inalienable de los derechos de la persona humana (artículo 5 CP.).

“En el derecho penal, la proporcionalidad regula las relaciones entre diversas instituciones, como entre la gravedad de la conducta punible y la sanción penal a imponer por su comisión, entre las causales de justificación y la posible eximente de punibilidad, entre las causales de agravación o atenuación y la graduación de la pena, o entre la magnitud del daño antijurídico causado y la sanción pecuniaria correspondiente a fijar por el juez, como se analiza en la presente providencia.

14 El TCE consagra esta doctrina. Así en un supuesto de exploraciones ginecológicas practicada con fines de investigación penal señaló que, dada su afectación al derecho a la intimidad corporal su limitación, sólo podía producirse “con fundamento en una inexcusable previsión legislativa” STCE 37/1989, STCE 7/1994, de 17 enero; La STCE 207/1996, de 16 diciembre declara, que “toda intervención corporal acordada en el curso de un proceso penal, por su afectación al derecho fundamental a la integridad física (y, en su caso, de la intimidad), no puede ser autorizada por la vía reglamentaria, sino que ha de estar prevista por la Ley”. En el caso concreto analizado en dicha sentencia se estimó que los concretos preceptos de la LECrim (arts. 311 y 339) invocados por el Juez de Instrucción para acordar una intervención corporal consistente en cortar cabellos de diferentes partes de la cabeza y la totalidad del vello de las axilas, no ofrecían una adecuada cobertura legal para acordar la práctica de dicho acto limitativo de derechos fundamentales.

puesto formal de toda medida limitativa o restrictiva de derechos fundamentales. Adicionalmente, exige que la ley tenga un contenido mínimo, reflejando la aplicación del principio de proporcionalidad a la concreta medida limitativa. El juez de control de garantías únicamente podrá autorizar aquellas específicas medidas limitativas previstas y reguladas en la ley. Por lo demás, toda limitación o restricción de derechos fundamentales deberá interpretarse restrictivamente, en el sentido más favorable a la eficacia y esencia de tales derechos.

Así, por ejemplo, la Corte Constitucional, en sentencia T-690 de 2004, en referencia al tema de las requisas en los penales, aludiendo al principio aquí estudiado, consignó:

“Ahora bien, al examinar el presupuesto legal que permite adelantar requisas en los penales, la Corte pudo concluir que la práctica de hacer desnudar a internos y visitantes y obligarlos a adoptar posturas indecorosas no tiene asidero en la Constitucional Política, ni en el Régimen Penitenciario y Carcelario, por el contrario, encontró que al respecto existe prohibición expresa. (...)

“No queda duda, entonces, que las requisas visuales o cacheos superficiales, sobre las personas recluidas en los centros penitenciarios y quienes ingresan a los mismos, como también sobre los elementos que unas y otras poseen o pretenden ingresar a los reclusorios están permitidas, y pueden ser practicadas por el personal de guardia, atendiendo los requerimientos de orden y seguridad del penal. No así las injerencias visuales o por contacto sobre los cuerpos desnudos de internos y visitantes, como tampoco las intervenciones, comprobaciones y registros corporales, en cuanto, como medidas restrictivas de la intimidad corporal, de la libertad personal, de la integridad física, moral y jurídica del afectado, su realización impone la directa y razonable intervención judicial, atendiendo las pautas y lineamientos constitucionales y legales sobre el punto, en aras de garantizar el respeto de los derechos fundamentales que tales procedimientos comprometen”.

Conforme se ha señalado, el principio de legalidad exige una determinada calidad en la ley. Esta deberá expresar con suficiente claridad y detalle todos y cada uno de los presupuestos y condiciones de la medida limitativa de derechos fundamentales. El Código de Procedimiento Penal bajo el artículo 246 prevé cuáles son las actuaciones que requieren autorización judicial previa para su realización cuyo sustento constitucional se radica en lo preceptuado por el numeral 3º del artículo 250 constitucional.

Luego, los artículos 247 y siguientes de aquella codificación, señalan entre ellas, las de inspección corporal, registro personal, obtención de muestras que involucren al imputado y obtención de muestras de la víctima en agresiones

sexuales, condicionando su práctica a la necesaria concurrencia de la autorización por el juez de control de garantías para realizarlas¹⁵.

3.8.2. PRINCIPIO DE PROPORCIONALIDAD

El principio de proporcionalidad tiene en el tema que aquí examinamos una gran importancia. “Son frecuentes las alusiones al mismo en las resoluciones de los Tribunales alemanes que han solventado la cuestión relativa a la existencia o no de suficiente habilitación legislativa para la práctica de los análisis genéticos. La circunstancia de que resulten afectados los derechos más fundamentales del individuo así como el riesgo latente para la dignidad humana en caso de intervenciones abusivas - tal como han recalcado los Convenios y Declaraciones internacionales que se han ocupado del tema - justifican el permanente recurso a dicho principio a la hora de evaluar la legitimidad en la aplicación forense del ADN. La constante remisión al principio de proporcionalidad puede también explicarse desde la perspectiva de la ausencia normativa sobre la cuestión, lo que obliga a los órganos jurisdiccionales a resolver desde dicho enfoque los aspectos más esenciales derivados de la aplicación de la técnica de ADN y que, en una situación normal de existencia normativa, correspondería decidir al legislador. La naturaleza fundamental de los derechos afectados por las técnicas de ADN es el principal argumento en la observación del principio de proporcionalidad”. (...) ¹⁶.

Por otra parte, la Corte Constitucional lo ha erigido como un principio general que puede inferirse a través de diversos preceptos constitucionales, entre otros, de los artículos: “1º. - de la concepción de Estado social de derecho y del principio de dignidad humana, 2º. - del principio de efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución, 5º. - del reconocimiento del carácter inalienable de los derechos de la persona, 6º. - del establecimiento de la responsabilidad de las autoridades por extralimitación de las funciones públicas -, y del 214 de la Constitución -que establece el requisito de proporcionalidad de las medidas adoptadas durante los estados de excepción”¹⁷.

15 La Corte Constitucional en Sentencia C-822 de 2005 expresó: “La inspección corporal requiere autorización previa del juez de control de garantías, el cual ponderará la solicitud del fiscal, o de la policía judicial en circunstancias excepcionales que ameriten extrema urgencia, para determinar si la medida específica es o no pertinente y, de serlo, si también es idónea, necesaria y proporcionada en las condiciones particulares del caso”.

16 ETXEBERRÍA GURIDI, José Francisco, Los análisis de ADN y su aplicación al proceso penal, Granada: Comares, 2000, págs. 71 y 72.

17 Corte Constitucional, Sentencia C-226 de 2002, MP: Álvaro Tafur Galvis.

Bajo esa orientación la proporcionalidad viene siendo entendida como criterio de lo razonable en la actuación de los poderes públicos, en cuanto implica, como medio de protección del “status civitatis”, el establecimiento de límites a la intervención estatal en el logro de un equilibrio entre los intereses generales que ha de perseguir y los fundamentales de los individuos y grupos que, sólo justificada y extraordinariamente, pueden verse afectados sin lesionar su esencia, y siempre que no se sobrepase lo estrictamente necesario para la consecución del fin pretendido¹⁸.

El principio de proporcionalidad es el parámetro decisivo para juzgar sobre la legitimidad constitucional de las medidas restrictivas de los derechos fundamentales que pueden acordarse durante la fase de investigación penal¹⁹. La proporcionalidad de la medida, exige el cumplimiento de tres requisitos o subprincipios, que integran el contenido de dicho principio²⁰:

- a) La idoneidad o adecuación de la medida para la consecución de los fines que se pretenden²¹. Idoneidad que se exige no solo cualitativamente, en el sentido de que la medida limitativa debe ser por naturaleza apta para lograr

18 PEDRAZ PENALVA, E., Introducción al Derecho Procesal Penal (acotado al ordenamiento jurídico nicaragüense), Managua: Hispamer, 2003, pág. 189.

19 Respecto a este tema, la Corte Constitucional en Sentencia C- 822 de 2005, señaló: “A la luz del nuevo Código de Procedimiento Penal que desarrolla el sistema acusatorio introducido por el Acto Legislativo 02 de 2003, la ponderación en materia probatoria, mediante la aplicación de juicios de razoñabilidad y de proporcionalidad, es particularmente pertinente dado que en dicho Acto se distingue entre tres grandes clases de medidas encaminadas al recaudo de elementos materiales probatorios: (i) las que siempre requieren autorización judicial previa (inciso 1 del numeral 3, artículo 250 CP); (ii) las que no requieren dicha autorización (numeral 2, artículo 250 CP); y (iii) las que pueden llegar a requerirla, según el grado de incidencia que tengan sobre los derechos constitucionales, puesto que si la medida implica afectación de derechos, la Carta exige autorización judicial previa (numeral 3, artículo 250 CP). Esta ponderación busca lograr un equilibrio entre los derechos del procesado, de un lado, y, los derechos de las víctimas, así como el interés público imperioso en que se haga justicia, de otro lado. Ambos extremos se unen en el fin común de que se administre justicia de manera imparcial, pronta y con el respeto a las garantías constitucionales”.

20 Véase, GONZÁLEZ-CUÉLLAR SERRANO, Nicolás, Proporcionalidad y derechos fundamentales en el proceso penal, Madrid: Colex, 1990, págs. 153 y ss.

21 Este principio, también denominado de «idoneidad» o de «utilidad», ha sido configurado por el Tribunal Constitucional federal alemán en el sentido de que la conexión medio-fin no puede ser confeccionada sin un criterio basado en la adecuación. La adecuación del medio al fin se satisface «cuando significativamente contribuye a la obtención del resultado apetecido» y el punto de partida de esta relación entre la finalidad y el medio utilizado para alcanzarlo está condicionado a que toda injerencia en los derechos fundamentales tenga señalada una finalidad concreta. En su formulación germana puede decirse que «una medida es adecuada para alcanzar la finalidad prevista cuando con su auxilio se aproxima al resultado pretendido. Será inadecuada cuando entorpece el alcance del objetivo proyectado o cuando no despliegue absolutamente ninguna eficacia respecto de la finalidad». ETXEBERRÍA GURIDI, Ob. Cit., pág. 76.

el fin propuesto, sino también cuantitativamente, pues la duración o intensidad de la misma no debe ser superior a la estrictamente necesaria para alcanzar el fin perseguido.

- b) Su necesidad ²², esto es, que la misma resulte imprescindible. Obliga, además, a elegir aquella medida que sea menos gravosa para el derecho fundamental afectado. Este principio, denominado también de intervención mínima o de subsidiariedad, obliga a los órganos del Estado a comparar las medidas restrictivas aplicables que sean suficientemente aptas para la satisfacción del fin perseguido y a elegir, finalmente, aquélla que sea menos lesiva para los derechos de los ciudadanos ²³.
En el ámbito del proceso penal esta clase de medidas limitativas de derechos fundamentales viene justificada por razones de interés general, esto es, para garantizar la eficacia del ius puniendo. Sin embargo, no es suficiente con la investigación de cualquier delito para justificar el sacrificio de un derecho fundamental. Debe tratarse de delitos graves. Gravedad que vendrá determinada no sólo por la pena que llevan aparejada, sino, también, por la naturaleza del bien jurídico lesionado o puesto en peligro con la infracción, o el reproche social que merezca la conducta delictiva o su comisión por medio de organizaciones criminales ²⁴.
- c) La proporcionalidad en sentido estricto ²⁵, es decir, que el sacrificio del derecho sea equilibrado con respecto al grado de satisfacción del interés

22 El *BVerfG* alemán señala que las medidas adecuadas deben también ser necesarias o indispensables para alcanzar el fin perseguido. No será necesaria cuando el mismo o mejor resultado puede ser alcanzado con una injerencia menos gravosa.

23 Este subprincipio es de estricta observancia también en lo que se refiere a diligencias próximas (por su instrumentalidad) a los análisis de ADN, esto es, las intervenciones corporales en la medida en que constituyen, del mismo modo, actuaciones restrictivas de derechos fundamentales. Aunque no de un modo muy terminante, pero existen atisbos en la STC 37/1989, de 15 de febrero, al disponer que la intimidad no puede "afirmarse como obstáculo infranqueable frente a la búsqueda de la verdad material que no pueda ser obtenida de otro modo...". La STC 207/1996, de 16 de diciembre, dispone que la diligencia de intervención corporal «sea necesaria o imprescindible para ello, esto es, que no existan otras medidas menos gravosas que, sin imponer sacrificio alguno de los derechos fundamentales a la integridad física y a la intimidad, o con un menor grado de sacrificio, sean igualmente aptas para conseguir dicho fin».

24 GONZÁLEZ SOLER, O. E., "Aspectos constitucionales de algunas diligencias sumariales que afectan a los derechos a la intimidad y al secreto de las comunicaciones: entradas domiciliarias. Comunicaciones postales y telefónicas", Constitución y garantías penales, Cuadernos de Derecho Judicial, núm. XV, CGPJ, Madrid, 2003, pág. 105.

25 Al respecto expresa CHOCLÁN MONTALVO, J. A., Pericia genética y proceso penal, Revista de Derecho y Genoma Humano, 1998, número 9, págs. 59-90: "que la decisión judicial que acuerda la pericia biológica, «además del presupuesto de legalidad ya indicado, debe fundamentarse en la necesaria proporcionalidad de la medida».

público perseguido que se alcanza en el caso concreto²⁶. A través de este principio se trata de determinar, mediante la utilización de las técnicas del contrapeso de bienes o valores y la ponderación de intereses según las circunstancias del caso concreto, si el sacrificio de los intereses individuales que comporta la injerencia guarda una relación razonable o proporcionada con la importancia del interés estatal que se trata de salvaguardar²⁷. que no sacrifiquen valores y principios que tengan un mayor peso que el principio que se pretende garantizar²⁸.

3.9. PRINCIPIO DE PROPORCIONALIDAD Y ANÁLISIS DE ADN

Examinados, de manera general y sintética, los contenidos del principio de proporcionalidad, así como la necesidad de su estricta observancia, cuando se tratan de aplicar en el proceso penal diligencias que aparejan la restricción en el contenido de los derechos fundamentales del individuo, la conclusión no puede ser otra que dicho principio de proporcionalidad (con los subprincipios en que se descompone) despliega en la aplicación forense del ADN, un papel destacado.

La doctrina y la jurisprudencia alemanas se muestran especialmente sensibles con este tema, pues existe el riesgo de que el análisis de ADN se extienda más allá del ámbito no codificador y se puedan extraer del mismo informaciones y datos que afectan al ámbito más reservado de la personalidad (ciertas enfermedades con fuerte rechazo social, predisposiciones hereditarias, etc.). Ello no supone obstáculo alguno para que EINWAG sea de la opinión de que no es necesario aplicar el principio de subsidiariedad a esta especial modalidad de investigación

26 ETXEBERRÍA GURIDI, Ob. Cit., pág. 86 menciona como: “Una de las cuestiones relativas a la aplicación forense de las técnicas de ADN más estrechamente vinculadas con el principio de proporcionalidad al que nos referimos, es la que gira en torno a los límites en la extensión de la investigación genética. Al referirnos al fundamento científico de las técnicas genéticas ha quedado establecido que éstas pueden extenderse al ámbito codificador o expresivo del ADN o al que no merece esta condición. Como puede fácilmente evidenciarse, la incidencia en la esfera jurídica del individuo es de una intensidad muy diversa dependiendo de que se opte por una u otra extensión.

“Afirma al respecto LEMKE que la investigación del ámbito no codificador del ADN tiene por objeto exclusivamente la estructura formal de las secuencias de bases y no pone al descubierto información sobre las cualidades hereditarias del individuo. A ello se une, como hemos anticipado, la circunstancia de que dicho ámbito no codificador se caracteriza por su variabilidad entre los individuos lo que le atribuye el efecto identificador necesario en su aplicación forense y determina, a su vez, que, en correspondencia con la menor incidencia, las precisas medidas de protección del derecho a la personalidad sean igualmente de menor intensidad”.

27 GONZÁLEZ SOLER, ob. Cit., pág. 189.

28 Sentencia Corte Constitucional C-584 de 1997.

de tal manera que sólo se pueda recurrir a él en los casos de absoluta necesidad. No constituye, pues, la *ultima ratio*, ya que en su opinión estos métodos genéticos pueden resultar más cómodos y eficaces que otros medios que requieren una mayor dedicación temporal²⁹.

Conforme lo expuesto también es de aplicación a las investigaciones genéticas como medios de investigación, el principio de proporcionalidad con carácter general a toda medida restrictiva de derechos fundamentales. Este principio exige que la medida ordenada sea indispensable, que se encuentre en una razonable relación con la gravedad del hecho y que la gravedad de las sospechas existentes la justifiquen³⁰.

En síntesis, el principio de proporcionalidad resulta exigible en los análisis de ADN tal como se ha expresado anteriormente. Se admite que su práctica incide especialmente en la esfera de los derechos más básicos del individuo, con independencia de la previa diligencia de intervención corporal necesaria para la obtención de las muestras biológicas. Por otra parte, la admisibilidad del análisis de ADN y el respeto al principio de proporcionalidad han estado condicionados a que dicho análisis se vea limitado al ámbito no codificante del ADN. Este es considerado neutral desde la perspectiva del derecho a la personalidad y de los datos que pueden obtenerse de él.

La Corte Constitucional refiriéndose a las intervenciones corporales, las cuales, no cabe duda, pueden conllevar, entre otros aspectos la obtención de

29 ETXEBERRÍA GURIDI, Ob. Cit., pág. 83.

30 La jurisprudencia constitucional alemana señaló en resolución de 2 de agosto de 1996: "... que la orden por la que se autorizan estas diligencias ha de observar el principio de proporcionalidad. Y siguiendo lo señalado con carácter general, pero concretado ahora en las diligencias de análisis de ADN, añade que este principio se traduce en que la medida ha de ser adecuada y necesaria para alcanzar la finalidad prevista y la injerencia unida a la medida no ha de ser desproporcionada en relación a la importancia del hecho y a la intensidad de las sospechas existentes». La más alta instancia constitucional alemana establece que a la hora de ponderar la medida y los motivos y circunstancias que de ella se derivan los órganos judiciales habrán de apreciar todas las circunstancias tanto personales como fácticas concurrentes en el caso particular.

Acerca de los subprincipios en los que se desdobra el principio de proporcionalidad, el Tribunal Constitucional Federal germano dispone que, en primer lugar, se satisface cumplidamente el presupuesto de la idoneidad, aduciendo que la huella genética (*genetische Fingerabdruck*) sirve para la determinación de la autoría del sospechoso. No sólo esto, además resulta apta para eliminar o excluir los iniciales indicios incriminadores existentes contra una persona. Acerca del juicio de necesidad (*Erforderlichkeit*) estima también la resolución del *BVerfG* que no existe en el caso concreto una medida de igual eficacia pero que incide en menor grado en los derechos fundamentales. Por último, se supera también satisfactoriamente el juicio derivado de la proporcionalidad en sentido estricto. No de otra forma puede resolverse atendiendo a la intensidad de las sospechas existentes contra el inculpado, la gravedad del delito por el que se procede (homicidio con violación), etc."

muestras o vestigios biológicos para llevar a cabo análisis de ADN en la investigación penal, ha precisado que “la afectación de los mencionados derechos puede ser media o alta, dependiendo del tipo de intervención corporal, de las condiciones en que ésta se realice, de los intereses específicos en juego y del impacto concreto que tal medida tenga en el ejercicio y goce de los derechos fundamentales del individuo. Por ello, siempre será necesario dar cumplimiento al principio de reserva judicial, para que sea el juez quien examine la pertinencia, la idoneidad, necesidad y proporcionalidad de la medida limitativa y decida si autoriza su práctica”.

“Ahora bien, constata la Corte que el artículo 246 de la Ley 906 de 2004, no cuestionado en el presente proceso, establece la regla general que orienta la práctica de las inspecciones corporales, de los registros personales, de la obtención de muestras que involucren al imputado y del procedimiento de reconocimiento y examen físico de las víctimas de delitos contra la libertad sexual, la integridad corporal o de cualquier otro delito en donde resulte necesaria la práctica de este tipo de procedimientos”. (Sentencia C-822 de 2005).

Han quedado esbozadas en las líneas precedentes algunas de las cuestiones vinculadas a la observancia del principio de proporcionalidad en el ámbito de las diligencias de análisis de ADN. Básicamente se circunscriben a: i) la determinación de la extensión con que resulta admisible el recurso a las técnicas de análisis de ADN que incide, a su vez, en la opción por el ámbito codificador o no del mismo; ii) la concreción de los límites de su admisibilidad desde la perspectiva de la gravedad de los hechos punibles que se pretenden esclarecer, esto es, al tratarse de una diligencia restrictiva de derechos fundamentales del individuo sólo se justifica su proporcionalidad cuando su objeto sea esclarecer hechos delictivos de suficiente entidad; iii) si su aplicación conlleva la injerencia a la que nos hemos referido, así como la existencia de riesgos de abuso, será preciso que concurran razones suficientes que justifiquen la puesta en marcha del procedimiento que desemboque en los análisis de ADN. Con esto queremos decir que han de concurrir indicios de la comisión del hecho punible y su imputación a personas concretas si se pretende aplicar la técnica genética.

3.10. LA NEGATIVA DEL SUJETO A SOMETERSE VOLUNTARIAMENTE A LAS INTERVENCIONES CORPORALES. CONSECUENCIAS JURÍDICAS

Este es quizás, el tema más dificultoso y menos unánime de cuantos tienen que ver con la regulación de las intervenciones corporales. Se plantean dos cuestio-

nes íntimamente vinculadas entre si. De una parte, cuáles son las consecuencias que se derivan de la negativa del imputado a someterse a una intervención corporal. Por otra parte, se debe precisar si es posible la utilización de coerción física para imponer coactivamente al sujeto la media de intervención corporal acordada judicialmente.

No existe una solución única ni en la doctrina ni en el Derecho Comparado. Un sector de la doctrina estima que el sometimiento a la medida de intervención corporal se configura como una carga procesal, la negativa injustificada del imputado podrá, como consecuencia desfavorable, ser valorada como indicio de culpabilidad³¹, lo que exigiría de una adecuada previsión legislativa³².

Para este sector doctrinal el empleo de la fuerza física convertiría la medida en degradante y, por tanto, prohibida constitucionalmente³³. Como consecuencia, este indicio, por sí mismo no sería suficiente para estimar destruida la presunción de inocencia, siendo necesaria la concurrencia de otros indicios de culpabilidad. La valoración indicaria de la negativa tendría un carácter meramente complementario pues deberá valorarse conjuntamente con el resto de las pruebas o indicios obrantes en el proceso³⁴.

La resolución judicial que acuerde esta medida restrictiva deberá, por tanto, contener la advertencia de las posibles consecuencias de la negativa, de modo que el sujeto destinatario de la misma pueda conocer cuáles son tales consecuencias y optar por la aceptación o negación de la sumisión a la intervención corporal³⁵.

No obstante lo anterior, existen criterios contrarios a esa posición doctrinal, pues estiman que el no sometimiento a un reconocimiento corporal, en tanto

31 HUERTAS MARTÍN, Mª I., *El sujeto pasivo del proceso penal como objeto de la prueba*, Barcelona: J. M. Bosch , 1999, págs. 410-411.

32 Precisamente en nuestra legislación se prevé bajo los artículos 246 y siguientes del C. de P. P. dicha posibilidad, pero no hay claridad en cambio, respecto a qué hacer frente a la negativa del imputado y el empleo de la fuerza para la intervención corporal.

33 FORCADA JORDI, M., *Las inspecciones o registros sobre la propia persona*, Madrid: la Ley, 1994, págs. 993-995.

34 MONER MUÑOZ, E., “*Las intervenciones corporales*”, Madrid: Cuadernos de Derecho Judicial. La restricción de los derechos fundamentales de la persona, CGPJ, 1993, pág. 180.

35 La STSE de 21 junio 1994 apreció la existencia de un vicio del consentimiento pues la resolución judicial que acordó la extracción sanguínea utilizó la fórmula “con fines de exculpación”, lo que determinó la ilicitud de la prueba de ADN practicada. La STSE de 7 marzo 1996 exige que el consentimiento del imputado para la práctica de una intervención corporal debe ser expreso, libre y no viciado. En relación con la libertad del consentimiento la STSE 28 diciembre 2000 admitió la licitud de una exploración radiológica autorizada judicialmente a un interno de un centro penitenciario al sospechar que contenía droga en su organismo después de un permiso de salida, añadiendo, a continuación, que el simple consentimiento del interno al estar en situación de prisión y, por tanto, privado de libertad, hubiera sido inválido pues su capacidad de autodeterminación se encontraba severamente disminuida.

supone el ejercicio del derecho a no incriminarse y a no colaborar, no puede ser considerado como un indicio de culpabilidad³⁶ o como mínimo, su utilización como indicio “contra reo” presenta un carácter dudoso³⁷.

Otra tendencia doctrinal, desvirtúa que el sometimiento voluntario del sujeto sea el cumplimiento de una simple carga procesal y defiende su consideración como una verdadera obligación procesal del imputado. Este tendrá, por tanto, la obligación de someterse a la media de intervención corporal acordada judicialmente. Las diferencias residen en las consecuencias que se derivan del incumplimiento de dicha obligación. Para algunos autores dicho incumplimiento dará lugar a la comisión de un posible delito de desobediencia a la autoridad judicial (coerción indirecta)³⁸. Otros, por el contrario, en línea con algunas soluciones previstas en el Derecho Comparado, se decantan por la posibilidad de la utilización de la vis física, siempre que esté prevista expresamente en la ley (coerción directa³⁹) y no se incurra en tratos vejatorios o degradantes ni se ponga en riesgo la salud del afectado.

El TCE se ha decantado por otorgar a la negativa injustificada del sujeto el valor de indicio de la comisión de los hechos, negando, en todo caso, el recurso a la coacción física para imponer una intervención corporal (TCE 37/1989, de 15 febrero). En la misma línea, la STSE de 4 febrero 2003, en relación con una extracción de sangre para la práctica de una prueba de ADN, se muestra contraria a la utilización de la fuerza física o cualquier otra actitud compulsiva o coactiva sobre la persona para que ésta se presta a la práctica de la prueba. Dicha sentencia admite su utilización como indicio, insuficiente por sí mismo, pero que conectado con el resto de la prueba puede reforzar las conclusiones obtenidas por el órgano juzgador.

36 LÓPEZ BARJA DE QUIROGA, J., La prueba en el proceso penal obtenida mediante el análisis del ADN”, en Genética y Derecho, Madrid: Cuadernos de Derecho Judicial, CGPJ, núm. VI, 2004, pág. 231.

37 MORA SÁNCHEZ, Ob. Cit., pág. 171.

38 ROMEO CASABONA, Carlos, Del gen al derecho, Bogotá: Externado, 1998, pág. 127.

39 Según la Corte Constitucional: “En cuanto al grado de limitación de la autonomía, la inspección corporal no implica una afectación cuando el implicado da su consentimiento para la práctica del procedimiento de inspección corporal, pero cuando se realiza sin el consentimiento del implicado, tal afectación es grave. Si la medida se realiza contra la voluntad del imputado, los intereses del Estado -entre los cuales se encuentra el de asegurar el cumplimiento del deber de colaboración con la justicia- y de las víctimas, deberán pesar más que su derecho a no ser forzado a someterse a la inspección corporal. Así, entre mayor sea la importancia de los bienes jurídicos tutelados penalmente y mayor el grado de desprotección en que quedarían las víctimas o la sociedad en general si se niega la práctica de la inspección corporal, la oposición del individuo disminuye su peso. (Sentencia C-822 de 2005).

3.11. PRESUPUESTOS FORMALES

El análisis de los presupuestos formales, puede emprenderse bajo dos aspectos. El primero, donde se concretan las cuestiones concernientes a quién compete ordenar la diligencia de análisis de ADN que involucre intervención corporal y quién debe llevar a cabo su ejecución. El segundo, concierne a las personas que deben soportar las diligencias de ADN en el ámbito procesal.

3.11.1. COMPETENCIA PARA ORDENAR LA DILIGENCIA DE ANÁLISIS DE ADN QUE INVOLUCRE INTERVENCIÓN CORPORAL

El control judicial de la medida limitativa de derechos fundamentales exige que la misma sea acordada por la autoridad judicial, salvo aquellas excepciones previstas legalmente⁴⁰, en una resolución motivada, donde exteriorice el juicio de proporcionalidad de la medida. De tal forma, el juez de control de garantías deberá plasmar en dicha resolución esta labor de ponderación de los intereses en juego que exige la aplicación del principio de proporcionalidad. Se exige que estas resoluciones judiciales tengan una motivación especial⁴¹.

Por otra parte, la corte constitucional menciona que se ha exigido “una decisión judicial para ordenar o autorizar su práctica - refiriéndose a las llamadas intervenciones corporales- durante la investigación, cuando no se cuente con el consentimiento del inspeccionado físicamente y que tal decisión sea motivada, a fin de evitar la arbitrariedad y asegurar la posibilidad de controles posteriores tanto a la decisión, como a su aplicación”⁴².

En consecuencia, dependiendo de la mayor o menor extensión en la práctica de los análisis de ADN, así mismo se genera una más o menos intensa restricción en determinados aspectos de la intimidad del afectado. La constitución subordina esa restricción, tratándose de derechos fundamentales a la previa

40 “Algunos países establecen excepciones a esta reserva judicial, como, por ejemplo, cuando el sujeto sobre el cual recaen las medidas de manera previa, consciente, libre y específica otorga su consentimiento para la práctica de las mismas, cuando se trate de la obtención de muestras no íntimas de las personas, cuando su práctica sea urgente o exista riesgo para el éxito de la investigación derivado de la demora”. (Sentencia C-822 de 2005).

41 GONZÁLEZ SOLER, O. E., “Aspectos constitucionales de algunas diligencias sumariales que afectan a los derechos a la intimidad y al secreto de las comunicaciones: entradas domiciliarias. Comunicaciones postales y telefónicas”, Constitución y garantías penales, Cuadernos de Derecho Judicial, núm. XV, CGPJ, Madrid, 2003, pág. 105.

42 Sentencia C-822 de 2005.

intervención judicial, tal y como lo expresa la corte constitucional en sentencia C-822 de 2005:

“De conformidad con el numeral 3 del artículo 250 de la Carta, la Fiscalía General de la Nación deberá ‘asegurar los elementos materiales probatorios, garantizando la cadena de custodia mientras ejerce su contradicción. En caso de requerirse medidas adicionales que impliquen afectación de derechos fundamentales, deberá obtenerse la respectiva autorización por parte del juez que ejerza las funciones de control de garantías para poder proceder a ello.’ Esta disposición establece el principio general para el aseguramiento de los elementos materiales probatorios, según el cual cuando haya afectación de derechos fundamentales, la práctica de medidas para obtener tales elementos probatorios requiere de autorización judicial”.

“Según esta disposición constitucional es la ‘afectación de derechos fundamentales’ la que obliga al Fiscal a solicitar de manera expresa y específica la autorización judicial previa. El empleo del término “afectación” supone, según su grado, una “limitación” o “restricción” al ejercicio o goce de un derecho fundamental. Dicha limitación o restricción (i) debe estar prevista en una ley (principio de reserva legal) y requiere, además, (ii) de la intervención judicial (principio de reserva judicial), para determinar si resulta irrazonable o desproporcionada”.

Para recordar: Una vez estudiados los contenidos del principio de proporcionalidad, vista la necesidad de su observación, cuando de su aplicación en actuaciones dentro del proceso penal que acarrean restricciones de derechos fundamentales de las personas se trata, no cabe duda sobre la importante aplicación del citado principio en especial articulación a la prueba de ADN o análisis genéticos⁴³.

En consecuencia, analizaremos las medidas que requieren autorización judicial previa para su realización conforme el artículo 246 del Código de procedimiento Penal, pero específicamente aquellas diligencias probatorias que deben practicarse para obtener evidencia física de ADN, y que por lo general, corresponden a un examen científico que involucran al imputado, a la víctima y a terceros⁴⁴, genéricamente llamadas intervenciones corporales.

43 “La doctrina y la jurisprudencia alemanas – citadas por ETXEBERRÍA - se muestran especialmente sensibles con este tema, pues existe el riesgo de que el análisis de ADN se extienda más allá del ámbito no codificante y se pueda extraer del mismo informaciones y datos que afectan al ámbito más reservado de la personalidad (ciertas enfermedades con fuerte rechazo social, predisposiciones hereditarias, etc.). Ello no supone obstáculo alguno para que EINWAG sea de la opinión de que no es necesario aplicar el principio de subsidiariedad a esta especial modalidad de investigación de tal manera que sólo se pueda recurrir a él en los casos de absoluta necesidad. No constituye, pues, la *ultima ratio*, ya que en su opinión estos métodos genéticos pueden resultar más cómodos y eficaces que otros medios que requieren una mayor dedicación temporal”. Ob. Cit., página 83.

44 Ibídem, GUERRERO PERALTA, pág. 217.

Para tal fin, se tendrá en cuenta la sentencia de la corte constitucional C-822 de 2005, que justamente examinó la constitucionalidad de los artículos del Código de Procedimiento Penal relativos a las intervenciones corporales.

3.11.2. LAS INTERVENCIONES CORPORALES⁴⁵ Y EL ADN COMO DILIGENCIAS DE LA INVESTIGACIÓN PENAL

Es este un tema controversial en el derecho procesal penal pues conlleva la práctica coactiva de medidas de investigación sobre el cuerpo del imputado, de la víctima o de terceros, que impliquen la exploración del cuerpo desnudo, de sus cavidades naturales, o la obtención de muestras corporales tales como saliva, sangre, semen, o el registro externo del cuerpo⁴⁶.

Los poderes públicos, particularmente el poder judicial, se ven obligados con cierta frecuencia a practicar diferentes diligencias o medidas, las cuales tienen por objeto el examen superficial o en profundidad del cuerpo humano de una persona viva, en el curso de un proceso penal, por ejemplo. Bajo una mirada amplia, todas esas actuaciones suelen llamarse intervenciones corporales y tienen en común el que se realizan sobre la materialidad de una persona viva.

Las intervenciones corporales son definidas como⁴⁷ “aquellas medidas de investigación que se realizan sobre el cuerpo humano de las personas⁴⁸, sin necesidad de obtener su consentimiento⁴⁹, y por medio de la coacción física si es preciso, con el fin de descubrir circunstancias que sean de interés para el proceso, en

45 Adopta dicha terminología, la Corte Constitucional en Sentencia T-690 de 2004.

46 Sentencia Corte Constitucional C-822 de 2005

47 Ibídem, expresa que “Estos mecanismos se denominan genéricamente como “intervenciones corporales”, “investigaciones corporales”, “registros íntimos,” o “inspecciones personales”.

48 Ibídem, sentencia citada. “Dentro de este conjunto de medidas también se ha incluido el registro externo del cuerpo de la persona cuando se realiza con el fin de obtener evidencia física relevante para la investigación penal de un hecho delictivo que se encuentra oculta en la indumentaria del individuo. Este registro se diferencia de la figura de los cacheos o requisas que realizan las autoridades de policía con el fin de prevenir la comisión de delitos”.

49 MORA SÁNCHEZ, Juan Miguel, Aspectos sustantivos y Procesales de la Tecnología del ADN, Granada: Pomares, 2001, página 178. La doctrina no es unánime en relación con la parte de la definición en la que se dice “sin necesidad de obtener su consentimiento, y por medio de la coacción física si es preciso”. “En efecto, en el sistema español, de acuerdo con la normatividad allí vigente, no puede someterse coactivamente a ninguna persona para que soporte este tipo de intervenciones, así mediante ellas se busque la obtención de la verdad material, la que debe obtenerse por vías formalmente establecidas, siendo la medida contraria al derecho a la libertad personal.

Frente a una negativa injustificada, señalan, que la conducta obstrucciónista y antisocial de quien injustificadamente se niega a aquel reconocimiento constituye un fraude de ley o abuso de derecho que puede representar en el proceso un indicio a conjugar con otros elementos probatorios”.

relación con las condiciones o el estado físico o psíquico del sujeto, o con el fin de encontrar objetos escondidos en él. Requisitos ineludibles para su admisibilidad son que no revistan peligro para la salud y que sean practicados por un médico de acuerdo con la ‘lex artis’⁵⁰.

De manera general, la intervención corporal puede tener como finalidad obtener muestras o tejidos biológicos del propio imputado (cabellos, saliva, semen, etc.), para compararlos a través de los correspondientes análisis periciales de ADN, con los vestigios o huellas localizados en el lugar de los hechos y determinar su participación en el hecho punible. Bajo dicha perspectiva, es importante aclarar que para comprender, cuando surge la necesidad de estas medidas en la investigación penal, se debe distinguir entre la realización del estudio o análisis de ADN y las diligencias que previamente le sirven de soporte, es decir, las intervenciones corporales. Para que el análisis genético que permita identificar a una persona pueda materializarse, resulta en ocasiones indispensable, la obtención previa del material biológico necesario para ello mediante la práctica de la respectiva intervención corporal.

3.12. PRESUPUESTOS FORMALES Y MATERIALES

Dado el amplio espectro de derechos afectados por las intervenciones corporales, así como la intensidad que puede adquirir esa afectación en la práctica, tanto en el derecho internacional de los derechos humanos como en el derecho comparado, se ha rodeado a estas medidas de exigencias formales y materiales orientadas a impedir una incidencia excesiva, de los derechos fundamentales en juego. Se ha entendido, entonces, que la constitucionalidad de tales medidas depende del respeto del principio de proporcionalidad, esto es, que no tengan una incidencia desproporcionada en los derechos, así como del principio de legalidad, apreciados en el contexto de una sociedad democrática:

Adicionalmente, se ha considerado que la aplicación del principio de proporcionalidad exige el cumplimiento de dos tipos de requisitos. En primer lugar, en cuanto a los requisitos formales, se ha exigido una decisión judicial para

50 Ibídem, GONZÁLEZ-CUÉLLAR SERRANO, Ob. Cit., pág. 290; en el mismo sentido el Principio 23 del Proyecto de reglas mínimas de las Naciones Unidas para la administración de la Justicia Penal dice: “Toda intervención corporal está prohibida salvo que se cuente con el consentimiento del afectado. Sin embargo y sólo cuando no exista otro medio para descubrir el presunto delito, la autoridad judicial podrá acordarla, atendida la gravedad del mismo y la falta de peligro para la salud del afectado. La intervención corporal deberá ser siempre practicada por un profesional de la medicina de acuerdo con la “lex artis” y con el máximo respeto a la dignidad e intimidad de la persona”.

ordenar o autorizar su práctica durante la investigación, cuando no se cuente con el consentimiento del inspeccionado físicamente y que tal decisión sea motivada, a fin de evitar la arbitrariedad y asegurar la posibilidad de controles posteriores tanto a la decisión, como a su aplicación. Algunos países establecen excepciones a esta reserva judicial, como, por ejemplo, cuando el sujeto sobre el cual recaen las medidas de manera previa, consciente, libre y específica otorga su consentimiento para la práctica de las mismas, cuando se trate de la obtención de muestras no íntimas de las personas, cuando su práctica sea urgente o exista riesgo para el éxito de la investigación derivado de la demora.

En segundo lugar, en cuanto a los requisitos sustanciales, se exige que la medida, en las circunstancias del caso concreto, sea proporcionada, lo cual implica que, en este contexto, cobren especial trascendencia los principios de idoneidad, necesidad y proporcionalidad en sentido estricto.

Conforme lo señala la Corte Constitucional en sentencia C-822 de 2005, al analizar la constitucionalidad del artículo 247 del Código de Procedimiento Penal, sobre la inspección corporal y respecto al consentimiento del imputado sobre el cual ella recae “En todo caso, la obtención del consentimiento del imputado - libre de cualquier tipo de coerción e informándole sobre las consecuencias que puede traer para la investigación del delito y para la determinación de su responsabilidad el permitir la realización de la medida - siempre debe ser la primera alternativa para la práctica de la inspección corporal. No obstante, cuando ello no se logre, y el imputado persista en oponerse a la práctica de la inspección corporal, es necesario que el juez de control de garantías revise la legalidad de la medida y defina las condiciones bajo las cuales puede ser llevada a cabo la inspección corporal, a fin de que en su práctica se reduzca al mínimo posible la incidencia de la medida sobre este derecho”.

3.13. LAS INSPECCIONES, LOS REGISTROS CORPORALES EN EL PROCESO PENAL Y LA APLICACIÓN DEL JUICIO DE PROPORCIONALIDAD COMO MÉTODO DE PONDERACIÓN EN LA JURISPRUDENCIA

Transcribimos en el acápite que estamos abordando, por considerarla de utilidad práctica para los operadores jurídicos, el aparte pertinente de la Corte Constitucional en la sentencia C-822 de 2005:

“Uno de los temas que mayor controversia genera en el derecho procesal penal es el de la práctica coactiva de medidas de investigación sobre el cuerpo del imputado, de la víctima o de terceros, que impliquen la exploración del cuerpo

desnudo, de sus cavidades naturales, o la obtención de muestras corporales tales como saliva, sangre, semen, entre otras.

(...) “Dentro de este conjunto de medidas – se refiere a las intervenciones corporales - también se ha incluido el registro externo del cuerpo de la persona cuando se realiza con el fin de obtener evidencia física relevante para la investigación penal de un hecho delictivo que se encuentra oculta en la indumentaria del individuo.

“Estos procedimientos han sido clasificados como diligencias de investigación posdelictuales, dirigidas a hacer una búsqueda sobre el cuerpo del imputado, de la víctima o de terceros que tengan alguna relevancia para la investigación, con el fin de constatar o esclarecer los hechos, lograr la identificación del autor y determinar las circunstancias bajo las cuales éstos se produjeron. También se ha señalado su función como medida protectora de los medios probatorios, cuando están orientadas a la recuperación de elementos de prueba que se encuentren ocultos en el cuerpo de la persona. En algunos casos, cuando es necesaria la intervención de personal médico o científico, se les ha reconocido también una dimensión pericial”.

“Dentro de este conjunto de medidas se encuentra (i) el registro corporal, entendido de manera general como la exploración de la superficie del cuerpo, o bajo la indumentaria de la persona para buscar cosas sujetas al cuerpo mediante adhesivos; (ii) la inspección corporal, que se emplea para examinar los orificios corporales naturales (boca, ano, vagina, etc.) y el interior del cuerpo de la persona afectada, cuando el objeto buscado ha sido deglutido u ocultado en el interior de tales orificios; y (iii) la obtención de muestras íntimas, tales como semen, sangre, saliva, cabellos, etc. En cuanto a la práctica misma de la medida existe una tendencia a exigir la intervención de personal médico cuando se trate de la inspección corporal o de la obtención de muestras corporales íntimas, e incluso a ordenar que se realice en un lugar específico.

Estas diligencias probatorias inciden en un amplio espectro de derechos fundamentales. En primer lugar, dado que suponen la exposición del cuerpo del individuo a procedimientos en los que se utiliza el cuerpo mismo de la persona, la práctica de estas diligencias incide en la dignidad humana. En segundo lugar, las intervenciones corporales afectan el derecho a la intimidad porque, aún en el caso del registro personal que es un procedimiento menos invasivo que la inspección corporal en la que se realiza la exploración de orificios corporales -, implican en todo caso exposición o tocamientos del cuerpo o de partes del cuerpo normalmente ocultas a la vista y fuera del alcance de las personas. En tercer lugar, también pueden afectar el derecho a la integridad física en el evento que la extracción de muestras implique el uso de agujas o punciones de algún tipo, o que su práctica conlleve la exploración de cavidades u orificios naturales

mediante la introducción de aparatos o instrumentos manejados por personal médico o científico, o inclusive una intervención quirúrgica. En cuarto lugar, dado que se trata de medidas cuya práctica puede ser impuesta al individuo, tal característica supone una limitación de la autonomía personal. En quinto lugar, también se ha afirmado que las intervenciones corporales inciden en el derecho a no autoincriminarse, en la medida en que a través de ellas se pueden obtener medios probatorios que conduzcan a demostrar la responsabilidad del individuo. En sexto lugar, se afirma que también inciden en la libertad de movimiento del individuo afectado, pues para su práctica se hace necesario limitar temporalmente la posibilidad de circular libremente, o trasladarlo al sitio donde se encuentra el personal médico o científico. Y, finalmente, dependiendo de los hechos, puede ser pertinente analizar la prohibición de la tortura, así como la prohibición de tratos crueles, inhumanos o degradantes, puesto que la forma, condiciones y frecuencia con las cuales se practiquen las inspecciones corporales o la toma de muestras íntimas puede significar un grado de sufrimiento físico o moral constitucionalmente inadmisible.

“Dado el amplio espectro de derechos afectados por las intervenciones corporales, así como la intensidad que puede adquirir esa afectación en la práctica, tanto en el derecho internacional de los derechos humanos como en el derecho comparado, se ha rodeado a estas medidas de exigencias formales y materiales orientadas a impedir una incidencia excesiva, de los derechos fundamentales en juego. Por ello se ha entendido que la constitucionalidad de tales medidas depende del respeto del principio de proporcionalidad ; esto es, que no tengan una incidencia desproporcionada en los derechos, así como del principio de legalidad, apreciados en el contexto de una sociedad democrática.

“Adicionalmente, se ha considerado que la aplicación del principio de proporcionalidad exige el cumplimiento de dos tipos de requisitos. En primer lugar, en cuanto a los requisitos formales, se ha exigido una decisión judicial para ordenar o autorizar su práctica durante la investigación, cuando no se cuente con el consentimiento del inspeccionado físicamente²⁹ y que tal decisión sea motivada, a fin de evitar la arbitrariedad y asegurar la posibilidad de controles posteriores tanto a la decisión, como a su aplicación. Algunos países establecen excepciones a esta reserva judicial, como, por ejemplo, cuando el sujeto sobre el cual recaen las medidas de manera previa, consciente, libre y específica otorga su consentimiento para la práctica de las mismas, cuando se trate de la obtención de muestras no íntimas de las personas, cuando su práctica sea urgente o exista riesgo para el éxito de la investigación derivado de la demora.

En segundo lugar, en cuanto a los requisitos sustanciales, se exige que la medida, en las circunstancias del caso concreto, sea proporcionada, lo cual implica que, en este contexto, cobren especial trascendencia los principios de idoneidad, necesidad y proporcionalidad en sentido estricto.

De conformidad con el principio de idoneidad, debe existir una relación de causalidad entre el medio empleado y el fin buscado de tal forma que éste sea apto para conseguir el fin que se pretende alcanzar, esto es, que la naturaleza de la medida sea en sí misma adecuada para alcanzar el fin. Ahora bien, como ese fin ha de ser específico y concreto dentro de la investigación, es indispensable que se precise el ámbito subjetivo y material de aplicación de la medida, prohibiendo de esta forma su aplicación generalizada, aleatoria o indiscriminada.

Según el principio de necesidad, la medida ordenada debe corresponder a la alternativa menos gravosa para el logro del fin buscado dentro del abanico de opciones con un nivel de efectividad probable semejante. Este principio hace necesario que se examine (i) la gravedad de la conducta delictiva investigada; (ii) la existencia de motivos razonables, atinentes a las características de la conducta delictiva investigada, que justifiquen la práctica de la intervención corporal ya sea que se trate de intervenciones que se deban realizar al imputado, la víctima, o terceros relacionados con la investigación; y (iii) la evaluación previa de otras medidas de intervención para determinar si la alternativa escogida es la que, con una eficacia probable semejante, resultaba menos gravosa. También se puede llegar a exigir (iv) que se intente previamente conseguir la evidencia por otros medios y que estas vías alternativas hayan sido infructuosas”.

“Una vez examinada la idoneidad y la necesidad de la medida, el principio de proporcionalidad en sentido estricto se aplica para determinar si la afectación de los intereses individuales en juego, resulta proporcionada a la relevancia del bien jurídico que se busca salvaguardar con la medida de intervención corporal ordenada y para ello se deben identificar los valores e intereses en colisión, definir la dimensión de su afectación y de su importancia, y ponderarlos para determinar si esa relación resulta desproporcionada. Es por ello que, en algunos países, este tipo de medidas solo es permitido cuando se trata de delitos graves. Además, en la práctica misma de la intervención corporal, también están excluidos los excesos.

“4.2. En el caso de las víctimas de delitos sexuales, de delitos contra la integridad física o de otros delitos en los cuales sea necesario el reconocimiento físico o la extracción de muestras corporales de las víctimas, procede hacer algunas precisiones especiales.

“En cuanto al tratamiento de las víctimas dentro del proceso penal, varios instrumentos internacionales muestran una tendencia a la adopción de medidas para evitar una segunda victimización y a crear programas y mecanismos de apoyo y orientación a las víctimas del delito. Sin embargo, esa tendencia no cobija la posibilidad de impedir de manera absoluta y en cualquier caso, sin importar la gravedad del delito investigado, la práctica de pruebas ante la oposición de la víctima. Sin embargo, a fin de que se proteja a las víctimas en su dignidad e inte-

gridad, se han adoptado, además de requisitos y prohibiciones, recomendaciones y pautas para que, sin dejar de lado el cumplimiento del deber de persecución del Estado, en la práctica de elementos materiales probatorios y recolección de información relevante para el caso se evite causarle nuevos traumas a las víctimas, y las molestias de la investigación respecto de ellas se reduzcan al mínimo posible".

3.14. AUTO-EVALUACIÓN

CASO 1: Sobre las consecuencias jurídicas derivadas de la negativa al sometimiento voluntario a la intervención corporal.

Objetivo formativo concreto: Reflexionar sobre las diferentes soluciones que pueden proponerse frente a la negativa al sometimiento voluntario por parte del imputado.

Descripción de los hechos planteados: Con ocasión de las investigaciones practicadas en relación con un presunto delito de agresión sexual, se requirió al imputado para que se sometiera a una extracción de sangre con la finalidad de identificar los perfiles de A.D.N.

El imputado se negó inicialmente a este requerimiento alegando que era inocente. Ante esta negativa, el Fiscal dictó una resolución en donde ponderando la proporcionalidad de la medida de intervención acordada requería al imputado para que se sometiera a la misma, advirtiéndole que su negativa podría ser constitutiva de delito de desobediencia a la autoridad.

¿Es admisible efectuar este requerimiento judicial en la legislación procesal penal colombiana?

Razonar la respuesta.

CASO 2: Cuando una intervención corporal puede o no vulnerar los derechos fundamentales a la integridad física y a la intimidad personal.

Objetivo formativo concreto: Reflexionar sobre las diferentes soluciones que pueden proponerse frente a la injerencia de una intervención corporal en los derechos fundamentales de la persona.

Descripción de los hechos planteados: Se solicita por el Fiscal, al juez de control de garantías, autorización para una intervención consistente en la extracción de cabellos de diversas partes de la cabeza y de la totalidad del pelo de las axilas del imputado X, dentro de una investigación penal donde se pretende demostrar su consumo habitual y desmesurado de cocaína. El imputado no se sometió voluntariamente a la medida.

- ¿Puede autorizarse la cortada de un cabello de un imputado sin su consentimiento?
- ¿Cómo elaboraría el test de proporcionalidad para determinar si autoriza o no la medida solicitada?
- ¿Cuáles serían las motivaciones cardinales de su decisión, razónelas?

CASO 3: Es válida la recogida de una colilla del cigarrillo que el imputado fumó en las dependencias del DAS, para tomar muestras a fin de efectuar el análisis de ADN.

Objetivo formativo concreto: Reflexionar sobre las diferentes soluciones que pueden proponerse frente a la posible ilicitud de la prueba objeto de posterior análisis de ADN

Descripción de los hechos planteados: En una investigación penal por los delitos acceso carnal violento y homicidio en contra de **M.O.**, se practicó análisis de ADN sobre dos colillas de cigarrillo: una encontrada y recogida en el lugar del crimen y la otra en las dependencias del DAS adonde fue inicialmente recluido el imputado.

El resultado del análisis pericial concluyó en que el ADN de la saliva en ambas colillas de cigarrillo coincidía perteneciendo a **M.O.**

- ¿Es válida dicha prueba?

Razone su respuesta.

UNIDAD 4

4. LA VALORACIÓN EN EL PROCESO PENAL COMO PRUEBA DE LOS RESULTADOS GENÉTICOS DE ADN

4.1 OBJETIVO GENERAL



Relacionarse con el mundo científico y su discurso supone para el operador jurídico un esfuerzo que reta su tradicional órbita jurídica, pero que al mismo tiempo le obliga a familiarizarse con dimensiones del conocimiento antes inusualmente pensadas. Tal es el objetivo primordial de este capítulo, articular conocimiento científico en términos de uso dentro del proceso penal acusatorio colombiano. Articular el discurso científico al discurso jurídico para una adecuada interpretación y valoración de la prueba pericial de análisis de ADN por los funcionarios judiciales en el proceso penal.



4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dotar de elementos básicos pero fundamentales al funcionario judicial para que realice una valoración probatoria de la pericia de ADN conforme el principio de la libre valoración.

Sensibilizar al funcionario judicial para que conforme a las reglas de la sana crítica y comprendiendo el método de la probabilidad conforme el teorema de Bayes traduzca en las motivaciones de la sentencia, de manera pedagógica y sencilla la bondad de los avances científicos aplicados al discurso jurídico plasmado en la sentencia.

4.3. ACTIVIDADES PEDAGÓGICAS

Analice: con sus colegas los artículos 372, 373, 375, 380, 381 y 420 del Código de procedimiento Penal, señalando: 1) que relación existe entre el sistema de la libre valoración de la prueba y las reglas de la sana crítica; 2) que relación de similitud o diferencia encuen-

tran entre la probabilidad y la libre valoración de la prueba; 3) que relación encuentran entre el principio de motivación de la sentencia en el proceso penal y el análisis de la prueba pericial de ADN.

Interpretación jurisprudencial: lea y analice en grupo de discusión la Sentencia de la Corte Constitucional C- 476 de 2005, mediante la cual se analizó la constitucionalidad condicionada del artículo 3º de la ley 721 de 2001, para señalar si se encuentran de acuerdo en el entendimiento que el alto tribunal dio al tema de la probabilidad en términos de certeza relativa.

Discusión de caso: se hallaron vestigios biológicos en el reloj del imputado señor X, procediéndose a comparar directamente las muestras de ADN de origen diferente, prescindiéndose de realizar el análisis de dos bandas de más en el perfil de ADN y no se dejó constancia detallada del procedimiento llevado a cabo.

Con fundamento en los anteriores hechos luego de intercambiar opiniones, señalen si existe fiabilidad del laboratorio que llevó a cabo el análisis, o si por el contrario, es fiable y como lo señalarían o argumentarían en la sentencia.

4.4. INTRODUCCIÓN

Las principales cuestiones que abordaremos tienen en común o como punto de partida, el carácter altamente científico de las técnicas genéticas.

De este elemento característico surgen, en primer lugar, las dudas relacionadas con el propio método científico y la capacitación de las personas o laboratorios que han de aplicarlo, pues se requiere un elevado grado de especialización desde la perspectiva del personal y una gran disponibilidad de medios materiales.

En cuanto al método, la inicial infalibilidad con que fueron considerados los análisis genéticos en su aplicación forense, derivó en posterior desconfianza, tras constatarse la existencia de importantes deficiencias en algunas investigaciones criminales adelantadas en los países anglosajones. Por lo tanto, para superar dichas dificultades se está recurriendo a una estandarización del método empleado (incluso a nivel internacional) uniformizando los *loci* que se han de analizar, las sondas que se utilizarán, adecuado manejo de la cadena de custodia de las muestras o vestigios biológicos, etc. Todo ello permite un adecuado control de calidad, que consecuentemente evita y corrige posibles errores. En cuanto a los laboratorios capacitados para la realización de los análisis de ADN, se vienen aplicando análogos criterios de homologación de los mismos.

Por último, el carácter científico de las técnicas de ADN posee una innegable vinculación con el principio de la libre valoración de las pruebas que, atendiendo

a la objetividad de aquéllas, podría pensarse reducen las facultades del órgano decisor en la valoración probatoria. Como tendremos ocasión de comprobar, no se produce tal menoscabo en las facultades del juzgador a la hora de valorar las pruebas, es más, la labor de éste en el cálculo de probabilidades que le presentará el perito está lejos de ser considerada pasiva. Además, los resultados genéticos merecen en la mayoría de los casos la consideración de meros indicios que deberán ser apreciados por el juzgador conjuntamente con los restantes medios de prueba que obren el proceso.

Pero también se han operado cambios, principalmente vistos desde la óptica de los científicos, pues su convencimiento de que cualquier opinión que emiten tiene una incertidumbre, que es su deber, su obligación de comunicarla al juez, para lo cual existe un estándar desde hace unos siglos llamado probabilidad. Esta transformación rompe también con la tendencia errónea de los peritos de decidir por el juez y obliga a éste y a aquellos a asumir su papel específico en la dinámica del proceso.

Por añadidura, se señala que ese cambio que representa el paso de los antiguos forenses artesanos que basan sus opiniones en la intuición y en la experiencia, que usan modelos heurísticos y que dan un valor absoluto a sus conclusiones, a los científicos forenses modernos que fundamentan sus opiniones en los datos científicos, en la evidencia científica, que utilizan el razonamiento como base de las mismas y que no dan un valor absoluto a sus juicios sino que valoran el mayor o menor grado de incertidumbre de su opinión expresándolo como un cociente entre la posición de la acusación y la posición de la defensa. En síntesis, valora su opinión en términos de probabilidades, lo que no debe llevar a confusión: la probabilidad no significa inseguridad. Al contrario las opiniones más seguras no son las que se valoran como verdades o creencias absolutas por experiencia o intuición, sino aquellas en las que se puede calcular la incertidumbre y ésta es muy baja o casi inexistente de tal modo que la probabilidad de la evidencia es muy elevada¹.

4.5. LA SEGURIDAD DE LOS ANÁLISIS DE ADN

Como se ha mencionado, el impacto que las modernas tecnologías, entre las que cabe incluir la genética forense, han ocasionado en la tarea de esclarecimiento de la actividad delictiva puede ser considerado novedoso, pues mitiga la existencia del

1 CARRACEDO ÁLVAREZ, Valoración e interpretación de la prueba de ADN ante los tribunales, Madrid: Ministerio de justicia, centro de estudios jurídicos – CGPJ, 1996, págs. 1979-1989.

riesgo de excederse en la investigación básicamente porque muchos de los polimorfismos de ADN que se utilizan no tienen relación directa con las enfermedades.

Pero también es cierto que la base científica que apoya los modernos métodos genéticos es susceptible de generar falsas expectativas en orden a su valoración probatoria si se aborda separada de la adopción de una serie de garantías que afectan a la regularidad con que ha de desarrollarse el procedimiento científico. La huella genética presenta alguna similitud con la huella dactilar, de tal forma que es muy remota la posibilidad de que coincidan varias personas con idénticas crestas dactilares, se ha señalado igualmente que, salvo los gemelos univitelinos, resulta extremadamente difícil la existencia de dos personas con idéntico código genético.

El análisis de los polimorfismos de ADN permite indicar, por lo menos teóricamente, que los vestigios biológicos hallados en la secuencia del crimen o en la propia víctima, coinciden prácticamente con los obtenidos del acusado siempre que procedan de la misma persona. Las posibilidades de identificación de una persona mediante su ADN son superiores en grado sumo a las permitidas por cualquier otra técnica existente en la actualidad.

Los métodos científicos necesarios para que se materialice lo hasta ahora aquí señalado, han sido también desarrollados. Estas circunstancias han alimentado en los operadores jurídicos el mito de la infalibilidad y de la certeza absoluta de los análisis genéticos como instrumentos de identificación².

De tal manera, el extraordinario valor que se atribuía al ADN como prueba en la formación de la convicción de los operadores judiciales ha sido notoriamente atenuada. Sin perder la perspectiva jurídica, existen varias apreciaciones que inciden en la futura valoración probatoria de los resultados obtenidos. Por un lado, las que se relacionan con el método científico empleado en los análisis de ADN y que pueden reducirse a la cuestión de si la investigación genética, y más concretamente el análisis de los polimorfismos de ADN como objeto de identificación de personas, ha alcanzado el grado de perfeccionamiento suficiente para atribuir a sus resultados un nivel admisible de incuestionabilidad. Superadas estas primeras deficiencias y admitido el recurso a las técnicas de ADN en las labores de identifi-

2 ORDOÑEZ FERNÁNDEZ, citado por ETXEBERRÍA GURIDI, ob. Cit., pág. 326, “se refiere al valor próximo a la irrefutabilidad que los Tribunales vienen concediendo al resultado pericial biológico en las pruebas de paternidad, «Pruebas biológicas de paternidad. Estudio crítico de la prueba pericial. Garantías de la prueba y su incidencia en la determinación de la decisión judicial», La Ley, 1JJ3º núm. 3785, pág. 1. Señala QUEVEDO que “en los años ochenta se esperaban proezas de la prueba de ADN. Reputada de infalible, libre de errores y capaz de distinguir un sujeto entre más del doble de los habitantes del planeta”. *Genes en tela de juicio*, Madrid: Mc Graw Hill, 1997, pág. 113.

cación de personas, puede ocurrir que la aplicación de las mismas en el supuesto concreto resulte defectuosa bien porque el método no se ha aplicado correctamente, bien porque el objeto sobre el que ha de recaer el análisis (vestigios biológicos) no lo permite debido a múltiples circunstancias: el mal estado de conservación de la muestra, la insuficiencia de la misma, la contaminación, etc.

Finalmente, los resultados científicamente obtenidos serán ‘traducidos’ al lenguaje jurídico al que están destinados ineludiblemente para su comprensión, sin olvidar que se trata de una materia altamente especializada de cuyo conocimiento suficiente carecen tanto el órgano judicial como las partes intervenientes en el proceso.

En relación con la fiabilidad del método de análisis de ADN encaminado a la identificación, es oportuno citar el caso *Castro vs. New York State*³ en el que se rechazó el informe elaborado por los laboratorios privados Lifecode de los que resultaba una elevada coincidencia entre los patrones de ADN hallados en las víctimas y los procedentes del acusado señor Castro. En resumen, se prescindió del análisis de dos bandas de más en el perfil de ADN correspondiente a vestigios hallados en el reloj del acusado - bajo el argumento de que se trataba simplemente de contaminación de origen no humano -, se habían comparado directamente las muestras de ADN de origen distinto en lugar de evaluarlas por separado, hubo una confusión total acerca del ADN que se utilizó como control y tampoco se dejó constancia con el suficiente detalle del proceso llevado a cabo. El juez Gerald Sheindlin pronunció en su dictamen de 14 de julio de 1989 que no estaba convencido de la fiabilidad del método seguido por la empresa encargada de la pericia en el caso Castro⁴.

En este y en otros casos análogos, los análisis de ADN no superaron los denominados *Frye-Tests* que reciben la denominación del asunto *Frye vs. United States*. En este caso se debía resolver acerca de la admisión o exclusión del detector de mentiras como prueba en un homicidio y el criterio formulado por el Tribunal venía a condicionar la admisibilidad de un método científico nuevo a que se encontrara lo suficientemente consolidado como para ser aceptado por la comunidad científica a la que pertenece.

3 ETXEBERRÍA GURIDI, ob. Cit., pág. 329.

4 La prueba de Frye originó que el tribunal de apelación del distrito de Columbia expresara: “En el momento en que un principio o un descubrimiento científico cruza la línea entre las etapas experimentales y demostrables es difícil de definir. En alguna parte de esta zona crepuscular, la fuerza fundada del principio debe ser reconocida, y mientras, las cortes irán en una manera larga en admitir el testimonio experto deducido de un principio o de un descubrimiento científico bien reconocido, la cosa de la cual se hace la deducción se debe establecer suficientemente para haber ganado la aceptación general en el campo particular al cual pertenece”.

Las *Frye-Hearings* han sido objeto de crítica en la doctrina norteamericana en base debido a su carácter excesivamente restrictivo y conservador, pues induce a excluir pruebas fundadas en métodos y principios que pueden ser válidos pero que no están todavía generalmente admitidos por su novedad y originalidad; así como por su dudosa aplicabilidad tras la entrada en vigor el año 1975 de las *Federal Rules of Evidence*, la cual consigna que la admisibilidad del método científico se decidirá conforme a la *rule 702* de la *Federal Rules Evidence* donde se subordina el testimonio del experto a que el conocimiento científico, técnico o especializado pueda auxiliar al juez de los hechos a entender la evidencia o a determinar el hecho en cuestión⁵.

El punto culminante ha ocasionado el que últimamente se adopten una serie de decisiones científicas consensuadas acerca de la idoneidad y regularidad de los métodos de ADN, a nivel internacional. La base de esta política descansa en la obligada estandarización del método básicamente en torno a la necesidad de la estandarización y los controles de calidad⁶. Este proceso de estandarización ha cuajado en la consolidación de asociaciones, frecuentemente de nivel supranacional, que persiguen como objetivo la homologación de métodos y sistemas de análisis de ADN, así como la aplicación de adecuados controles de calidad.

El proceso de estandarización ha pasado progresivamente por uniformizar las sondas y las enzimas de restricción empleadas y posteriormente las condiciones electroforéticas y de lectura de los resultados obtenidos. Gracias a ese proceso de estandarización sobre el empleo de polimorfismos genéticos en la práctica forense, será posible no sólo garantizar un mínimo de fiabilidad científica en la aplicación del método, sino básicamente evaluar *a posteriori* mediante los controles de calidad que posibilita la estandarización, la falibilidad de los resultados obtenidos y, en su caso, solicitar la práctica de un nuevo análisis o contraexamen. Este proceso de estandarización y el establecimiento de controles de calidad garantiza la fiabilidad del proceso⁷.

5 www.bucklin.org/fed_rule_702.

6 Señala al respecto CARRACEDO ÁLVAREZ, Ob. Cit, pág. 1982, que "... son cientos los polimorfismos de ADN minisatélite descritos que pueden ser detectados con decenas de enzimas de restricción diferentes; si cada laboratorio empleara sus propias enzimas y sondas sería enormemente difícil contrastar un resultado en otro laboratorio y se imposibilitaría la realización de contrapericias o segundas opiniones".

7 Por ejemplo, la Recomendación N°. R (92) 1 del Consejo de Europa establece en su número 6.-, partiendo igualmente de la complejidad del procedimiento científico de análisis de ADN, una serie de criterios a observar por los laboratorios que hayan de asumir la tarea entre los que destaca junto a un nivel elevado de conocimiento y de competencia profesional, el recurso a «procedimientos adecuados de control de calidad».

Las instalaciones de los laboratorios destinados a la conservación de células, de muestras biológicas y de los resultados de los análisis deben estar equipados con instalaciones adecuadas para garantizar una protección apta contra toda sustracción o la degradación, una confidencialidad absoluta y la salvaguarda de las células, de las muestras y de los resultados de los análisis.

4.6. DEFICIENCIAS EN LA RECOGIDA Y ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO Y SU INCIDENCIA EN SU EFICACIA PROBATORIA

Como ya se puso de presente, al abordar el tema de la cadena de custodia, las fallas en que se puede incurrir durante el procedimiento de análisis de ADN desde su inicio hasta su conclusión pueden venir determinadas, no sólo por una deficiente aplicación del método científico -detectable si se aplican las normas de estandarización y los debidos controles de calidad -, sino también por el defectuoso desarrollo de la fase que se sucede con anterioridad a la llegada de los vestigios o muestras al laboratorio⁸.

Conforme lo señalan M. LORENTE ACOSTA, J. y LORENTE ACOSTA, E.⁹, indicamos cuáles son los principales riesgos que pueden plantearse en la fase previa de recogida, conservación y envío de las muestras o vestigios al laboratorio y que pueden incidir, recalcamos, en el resultado final y en la eficacia probatoria que pueden desplegar, con independencia, pues, de que se aplique posteriormente de una manera adecuada el método científico de análisis de ADN:

a) Uno de los principales inconvenientes que presenta el método de análisis de ADN deriva del hecho de que las muestras o vestigios no se encuentran con frecuencia en el estado más idóneo para su posterior tratamiento en laboratorio. Dicho fenómeno se conoce como *contaminación* de las muestras o vestigios y puede obedecer a la presencia, junto con la muestra o vestigio de interés, de otros productos extraños de origen bioquímico o químico (*contaminación química*—tin-

8 Como lo expresan M. LORENTE ACOSTA, J. y LORENTE ACOSTA, E., *La tecnología del ADN en medicina forense: importancia del indicio y del lugar de los hechos*, Madrid: Cuadernos de medicina forense, N°. 3, enero de 1996, “Las enormes posibilidades de la tecnología del ADN no deben relajarnos a la hora de realizar la investigación en el lugar de los hechos y pensar que la solución a la investigación dependerá del laboratorio en cuestión al que se remitan los indicios hallados, ya que no sólo se trata de buscar una determinada evidencia, sino de hacerlo correctamente, de lo contrario podría ser que pierda su actividad biológica o que la prueba quede invalidada por un defecto en la investigación preliminar. Por elemental que parezca, no debemos olvidar nunca que *en los laboratorios sólo se estudia aquello que se remite, y que el análisis se inicia sobre el indicio en las condiciones en las que llega, no en las que se manda*; de ahí la enorme importancia del indicio en el lugar de los hechos”.

9 Ibídem.

tes, colorantes, pinturas, carburantes, etc.—) o de vestigios biológicos procedentes de otras personas (*contaminación biológica*). Esta contaminación puede tener su origen en la existencia, con anterioridad al depósito de los vestigios o elementos materiales de prueba de interés, de cualquiera de los productos señalados y que pueden inducir a confusión (*contaminación previa*), en definitiva, antes de la comisión de los hechos criminales que provocaron los vestigios directamente relacionados con la causa.

La contaminación puede ser también simultánea o paralela cuando se mezclan indicios procedentes de varias personas que hayan intervenido de alguna manera en los hechos criminales. El caso típico estaría constituido por la comisión de ciertos delitos violentos (contra la libertad sexual, por ejemplo) en los que se entremezclan fluidos o vestigios corporales tanto del agresor como de la víctima. Aunque en este caso la confusión de vestigios puede generar algún problema de tipo técnico, puede resultar extremadamente útil conocer este dato al objeto de la investigación y de la explicación del motivo de la contaminación.

Por último, la contaminación puede ocurrir con posterioridad al depósito de los vestigios de interés, bien porque se confundan accidentalmente con otros restos biológicos producto de su exposición a fenómenos naturales (insectos, otros animales, etc.), bien por la actuación negligente de las personas que intervienen en la fase de recogida o transporte que pueden incorporar sus propios vestigios, incluso por el comportamiento doloso de quienes pretenden entorpecer la investigación y proceden intencionalmente a cambiar, alterar o destruir los mismos. Por este motivo se insiste por los científicos en la importancia de mantener la denominada «cadena de custodia» haciendo constar las personas que hayan podido tener contacto con las muestras o vestigios durante la totalidad del proceso.

b) Otro de los inconvenientes se refiere a la calidad o cantidad de la muestra misma. Puede ocurrir que las muestras o vestigios a analizar sean minúsculos (pequeñas muestras de sangre, saliva, etc.) o que la cantidad de ADN que contienen no resulte suficiente (el pelo posee ADN en su raíz y no en gran cantidad). Los inconvenientes pueden ocaſionarse igualmente como consecuencia de la degradación de las muestras, bien por su antigüedad, bien por verse afectadas por un proceso de descomposición. En caso de putrefacción de un organismo vivo, el ADN de la sangre o de los músculos está igualmente degradado, por lo que será preciso obtener muestras de tejidos duros o resistentes (huesos, dientes, etc.). Igualmente, tratándose de vestigios húmedos, el ambiente puede originar la proliferación bacteriana y fúngica (procede en estos casos la conservación en frio o la congelación). Muchos de estos problemas pueden resultar solubles en la actuali-

dad mediante la aplicación del método consistente en la «reacción en cadena de la polimerasa» (*Polymerase Chain Reaction –PCR-*) que permite amplificar un alelo de ADN de un locus determinado un número infinito de veces.

El Código de Procedimiento Penal prevé la cadena de custodia como norma técnica de preservación y guarda adecuada, no solo respecto de muestras biológicas hallada en la escena del crimen, sino también en lo relacionado con la obtención de muestras del imputado y de la propia víctima de delitos sexuales, incluso como se ha examinado en el capítulo anterior, cuando se trató de las intervenciones corporales y sus requisitos objetivos y formales para la obtención de ellas¹⁰.

4.7. LA LIBRE VALORACIÓN DE LA PRUEBA PERICIAL DE ADN Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

El procedimiento penal colombiano consagra como sistema de valoración probatoria el de la libre valoración¹¹. Este principio ha de ser entendido en contra-

10 En Holanda el Decreto 522/ 1994, consagra un epígrafe específico (el 5.^º, artículos. 18-21) a la materia («Identificación, envío y envase de material celular que se ha recogido del sospechoso»). Por demás, para la misma fase previa de obtención de muestras se establecen una serie de expresas previsiones. Por ejemplo, que la toma de sangre, de mucosa bucal y de raíz del cabello se realizará en presencia de un agente de investigación que levantará acta [art. 17 (1)], que el agente de investigación hará llegar el material celular en envase precintado y en el plazo de 48 horas al Laboratorio Judicial (2) y que el precinto y envase serán revisados por el Laboratorio Judicial (3). De manera similar, la Circular 16/1995 del *Home Office* británico dispone en su *section* 42 que “al igual que sucede con toda la fundamentación jurídica forense, los procedimientos de obtención de muestras por la policía, su envío al laboratorio, los procesos internos de manipulación de muestras a fin de realizar perfiles (...) se ajustarán a las normas reguladoras de las pruebas penales. Todos los procedimientos deben poder cumplir tales normas y asegurar que las pruebas que relacionan a una persona concreta con rastros criminales son objeto de una garantía total”.

11 Al respecto refiere la Corte Suprema de Justicia, Sala de Casación Penal, en sentencia de fecha 4 de septiembre de 2002, (...) “...que las pruebas hay que valorarlas y confrontarlas , aplicando los criterios que imponen la sana crítica, que no es nada distinto en la explicación de su nominación y en busca de sus contenidos y fines, que el sometimiento de las pruebas a las leyes o reglas que regulan el razonamiento deductivo, los fenómenos materiales y la conductas frente a la sociedad, de acuerdo a lo admitido por ella misma para hacer viable su existencia y verificación de sus comunes objetivos, todo cumplido en forma “sana”, esto es, bajo la premisa de reglas generales admitidas como aplicables, y “crítica”, es decir, que con base en ellos los hechos objeto de valoración, entendidos como “criterios de verdad”, sean confrontados para establecer si un hecho y acción determinada pudo suceder, o si ello fue posible de una u otra manera, explicable dentro de las reglas de la lógica, de la ciencia y la experiencia, no ante la personalísima forma de ver cada uno la realidad, sino frente a estos postulados generales que rigen el razonamiento, las transformaciones materiales y la vida social, formal y dialécticamente comprendidos.

Es que, constituyendo la certeza un íntimo convencimiento sobre un determinado objeto del conocimiento.

posición al principio de prueba legal o tasada¹² y se encuentra consignado en el artículo 380 del C. de P. P. La valoración de la prueba como momento final

miento, negativo o positivo, producto de una elaboración mental, pero fundamentada, para los efectos jurídicos de que aquí se trata, en elementos objetivos, como es la prueba obrante en el proceso y las reglas o leyes igualmente conocidas y de imperativa aplicación, es claro que sin violentar el ámbito propio de lo estrictamente subjetivo, esto es, el criterio de valor colegido, la falsedad de la conclusión deviene, bien por la imposibilidad que tenía el sujeto cognosciente de llegar al criterio de verdad proclamado, precisamente por haberse desconocido o alterado el objeto de conocimiento o las reglas de la lógica, la ciencia o la experiencia imperativas para su valoración, decayendo, de suyo, la certeza argüida, en la medida en que ella no sería predictable del objeto de apreciación, sino de otro, o porque al ser reglado el método a utilizar para ello, se habría recurrido a otro o éste estaría desfigurado, pues, en derecho probatorio y específicamente en materia penal, la valoración de las pruebas no es libre, es reglada, tanto en cuanto se refiere al objeto de apreciación que no es libre, pues está constituido por todo el haber probatorio legalmente aducido al proceso, como en relación al método con el cual debe llevarse a efecto esa valoración, que como se ha visto, es, salvo excepción en contrario, el de la sana crítica.

No se trata, entonces, frente a estos grados del conocimiento, de cubrirlos con un manto de absoluto subjetivismo, carente de su objetivo sustento, que los haría inconfrontables, convirtiéndolos en cuanto a la problemática probatoria se refiere, en una especie de “verdad sabida y buena fe guardada”, o más estrictamente, en el reconocimiento de verdades absolutas e irrebatibles, para tornar en incontrolable la función juzgadora, dejada a la postre al arbitrio del administrador de justicia, convirtiendo, asimismo, en innecesarias las pruebas allegadas precisamente como sustento del juicio y base del mismo, sino, por el contrario, de tener claro, que se trata de un grado del conocimiento al que se llega partiendo de una base objetiva, de suyo, constatable.

- 12 Conforme sostiene GASCÓN ABELLÁN, los dos sistemas de valoración probatoria mencionados encuentran su fundamento en la concepción de la prueba judicial. Así, “En la medida en que la prueba judicial es un juicio sobre la ocurrencia de hechos (generalmente hechos del pasado que no han sido presenciados por el juzgador), la concepción de la prueba que se mantenga se vincula al modo en que se entiendan la naturaleza, posibilidades y límites del conocimiento empírico; es decir, a la epistemología que se adopte. Las epistemologías que pueden adoptarse se mueven entre dos posiciones “extremas”. La primera (*objetivista*) entiende que la objetividad del conocimiento radica en su correspondencia o adecuación a un mundo independiente, y al concebir además el conocimiento como un proceso guiado por reglas más o menos seguras confía en la obtención de certeza absoluta. La segunda (*subjetivista*) entiende que la objetividad del conocimiento deriva de nuestros esquemas de pensamiento y juicios de valor; es decir, el conocimiento del mundo está “contaminado”, es irrediblemente subjetivo. En la ciencia y en la praxis procesal cabe encontrar concepciones de la prueba que pueden considerarse reflejo de estas epistemologías.

La epistemología objetivista se vincula a la concepción de la prueba que entiende que los procedimientos probatorios proporcionan un resultado incontrovertible. Esta concepción se manifiesta en los *modelos de prueba legal*, que suponen la consagración jurídica de reglas de valoración que indican al juez cuándo (y en qué medida) debe darse por probado un hecho. Pero está también presente en la interpretación tradicional del principio valorativo de la *libre convicción* como *valoración libre o independiente* de los medios probatorios, como una especie de momento íntimo o místico capaz de suplantar a las pruebas o, cuando menos, de permitir su ponderación discrecional y no discutible¹. Y es que el resultado de interpretar así la libre convicción es el que cabía esperar: la concepción que suelen tener los juristas sobre los hechos enjuiciables “consiste simplemente en dar por descontada la posibilidad de que en el proceso se asegure su verdad”. Lo que tal vez explique la inclinación forense a atribuir al juicio de hecho naturaleza “deductiva”, “demostrativa” o “analítica”. La prueba judicial: valoración racional y motivación, Universidad de Castilla-la Mancha. Sin fecha.

de la actividad probatoria en el proceso, trata de definir el resultado que dará fundamento a la sentencia en términos de convicción. URBANO MARTÍNEZ sostiene que el método para la aproximación razonable a la verdad como fundamento de la convicción judicial es uno de los puntos que hacen la diferencia con el sistema procesal anterior. Una mirada a la manera como funcionaba este sistema nos permite distinguirlo del modelo actualmente vigente y evidenciar las características más relevantes de éste último. (...).

Es decir, en el nuevo sistema procesal la reconstrucción de la verdad con miras a la aplicación de las normas sustanciales plantea un escenario dinámico en el que ya no es una de las partes la que asume el recaudo probatorio por cuenta propia y la que las valora con miras a la toma de decisiones restrictivas de los derechos del imputado. Lejos de ello, en el nuevo proceso hay lugar al despliegue de la pretensión acusadora que le incumbe al Estado a través de la Fiscalía General y de la pretensión defensiva de que es titular el acusado con la colaboración de su defensor. Incluso en ese escenario hay lugar para la participación del Ministerio Público, con miras al cumplimiento de sus funciones constitucionales, y para la víctima como titular de derechos derivados de la conducta punible. Entre todos esos sujetos procesales se traba un debate pero sin sentido alguno de pertenencia sobre los elementos de convicción pues ya no se trata de que la acusación se convenza a sí misma de la legitimidad de su pretensión sino de que un tercero, el juez, mediante pruebas prácticas bajo su dirección y en su presencia, logre un conocimiento aproximado de la verdad para que en ese convencimiento apoye su convicción y con base en esta tome una decisión en torno a la responsabilidad o inocencia del imputado¹³.

La libre valoración de las pruebas resulta de aplicación, igualmente, en relación con las pruebas periciales. El problema radica en la forma en que puede conducirse el examen judicial crítico en una materia que le es ajena al juez. El artículo 380 del C. de P. P. expresa que “Los medios de prueba, los elementos materiales probatorios y la evidencia física, se apreciarán en conjunto. Los criterios para apreciar cada uno de ellos serán señalados en el respectivo capítulo...”; por su parte, el artículo 420 de la misma normatividad consigna que “Para apreciar la prueba pericial, en el juicio oral y público, se tendrá en cuenta la idoneidad técnico científica y moral del perito, la claridad y exactitud de sus respuestas, su comportamiento al responder, el grado de aceptación de los principios científicos”.

13 URBANO MARTÍNEZ, José Joaquín, Los nuevos fundamentos de las pruebas penales. Bogotá: Consejo Superior de la Judicatura, escuela judicial Rodrigo Lara Bonilla, Plan integral de formación y capacitación en el sistema penal acusatorio, 2005, pág. 75 y s.s.

cos, técnicos o artísticos en que se apoya el perito, los instrumentos utilizados y la consistencia del conjunto de respuestas”; el artículo 372 preceptúa que “Las pruebas tienen por fin llevar al conocimiento del juez, más allá de duda razonable, los hechos y circunstancias materia del juicio y los de la responsabilidad penal del acusado, como autor o partícipe”; y el artículo 381 señala que “Para condenar se requiere el conocimiento más allá de toda duda, acerca del delito y de la responsabilidad penal del acusado, fundado en las pruebas debatidas en el juicio”.

Las normas mencionadas se constituyen en los insumos que sirven para profundizar en el tema que se está examinando.

Expresa VÁZQUEZ SOTELO: “no puede quedar el Juez “obligado” a seguir el criterio del informe pericial ya que entonces vendríamos a convertir al perito en juzgador en ese punto consultado”¹⁴. En similares términos, ALONSO PÉREZ para quien los informes periciales, «cualquiera que sea la autoridad técnica de la persona u organismo que los emita, no gozan de la condición intrínseca de verdad incontrovertible, pues su contenido no revela más que una opinión científica o práctica, (...), pero siempre sometida a la apreciación valorativa del juzgador, conforme al principio de libre valoración de la prueba...”¹⁵.

A primera vista, lo señalado presenta una serie de inconvenientes cuando se trata en especial de la prueba de análisis de ADN. Mediante las diligencias de ADN, particularmente la huella genética, pues no se limita el experto a poner a disposición del órgano judicial conocimientos técnicos o científicos de los que éste carece sobre circunstancias importantes en el proceso, sino que son capaces de manifestar con un elevado índice de probabilidad que los elementos materiales de prueba hallados en el lugar del crimen o en la víctima proceden de la persona imputada. Naturalmente que con sustento en un procedimiento científicamente contrastado que reduce al mínimo las apreciaciones subjetivas del perito (al contrario de lo que ocurre en una pericia psicológica). No cabe duda de que la obligación de consignar en la elaboración del informe pericial, “todas aquellas explicaciones que hagan posible su entendimiento en términos que sean manejables para éste (juez) y las partes, siendo imprescindible, de entrada, la claridad y la pedagogía en el lenguaje y razonamientos utilizados en el respectivo informe”¹⁶, está haciendo mención de las pericias que en la práctica forense dejan al experto

14 VÁSQUEZ SOTELO, J. L., Presunción de inocencia del imputado e íntima convicción del tribunal, Barcelona: Bosch, 1984, pág. 473

15 PÉREZ ALONSO, Valor probatorio de los informes periciales en el proceso penal, la ley, 1999, pág. 16.

16 CABANAS GARCÍA, Juan Carlos, La valoración de las pruebas y su control en el proceso civil, Madrid: Trivium, 1992, pág. 124.

cierto margen de apreciación subjetiva. No es nada infrecuente que se manifiesten en los juicios tantas opiniones de expertos como partes intervienen en él. Pero en el de la huella genética, la aplicación de un método científico predomina sobre la interpretación que de los resultados haga el perito y el margen de maniobra de este último se ve considerablemente limitado, pues dicho resultado puede ser contrastado científicamente al objeto de determinar cualquier defecto en el proceso técnico de análisis.

Esas circunstancias han motivado que la huella de ADN haya sido considerada como una «panacea» en la lucha contra el crimen¹⁷. La doctrina indica que en relación al valor probatorio de las huellas genéticas como medio probatorio científico, se ha producido una indeseable restricción de la libre apreciación probatoria judicial y que al carecer los jueces, por regla general, de la capacidad de entendimiento de una ciencia tan compleja, pueden verse complicados por la prueba de huella genética. Existe además el riesgo, no sólo de que ante el elevado valor probatorio que se les atribuye en principio a estos medios, el juez pueda sentirse fácilmente vinculado a los mismos, sino de que se prescinda de otras pruebas igualmente eficaces en el esclarecimiento de los hechos. El peligro de la posición dominante o anuladora respecto de los restantes medios de prueba resulta, en principio, ostensible.

De acuerdo pues con el principio de libre valoración de la prueba todas las circunstancias decisivas para el proceso deben conducir a la personal convicción del juez, y el propio convencimiento y la certeza personal de éste ha de servir de fundamento a la sentencia y no el parecer de otra persona. Sólo tras una valoración objetiva y racional puede el juez atribuir eficacia probatoria. Que la actividad y el informe pericial sean altamente especializados no constituye ninguna excepción a esta regla, aunque no se puede ignorar que la influencia que ejerzan en la decisión judicial será sobresaliente. En todo caso, debe excluirse la recepción pasiva de la interpretación de los informes periciales.

Adicionalmente, el Juez debe de estar en condiciones de examinar, por sí mismo o con el auxilio de otros peritos, la validez científica y la seguridad y fiabilidad del medio probatorio. La seguridad del método científico no evita la incorrecta aplicación del mismo en el caso concreto o puede verse disminuida su eficacia por motivo cíe una defectuosa conservación o contaminación de las muestras. La apreciación crítica de los informes periciales por el Juez se hace

17 TARUFFO, Michelle, *La prueba de los hechos*, Madrid: Trotta, 2002, pág. 391 y s.s. Anota como a pesar del carácter científico de la prueba, ella por sí misma, no es garante de la verdad o de la certeza.

precisa al no haber quedado excluida la falibilidad humana y al ser inevitables las interpretaciones subjetivas.

Así, para que el informe pericial pueda ser examinado oportunamente será preciso que éste se extienda más allá de la mera expresión del resultado haciendo constar las sondas y enzimas de restricción empleadas, los alelos analizados, así como la descripción de las técnicas y métodos empleados, etc. En caso contrario, la capacidad del juez de examinar críticamente el informe, ya de por sí disminuida por la carencia de los suficientes conocimientos técnicos o científicos, se vería prácticamente anulada e incluso podría verse transgredido el derecho a la defensa de las partes.

Los resultados del análisis de ADN deben ser valorados conjuntamente con el resto de las pruebas practicadas en el juicio por dos razones fundamentales: en primer término porque si bien la falta de coincidencia entre los polimorfismos de ADN de dos muestras permite afirmar con carácter prácticamente absoluto que no proceden de la misma persona, la coincidencia no supone una certeza absoluta en el sentido contrario, sino la mera atribución de un valor probabilístico - en ocasiones muy elevado -; en segundo lugar, porque el resultado positivo -dentro de los límites de la probabilidad -, permite exclusivamente una afirmación del siguiente tenor: el ADN hallado en el lugar de los hechos o en la víctima, coincide con el correspondiente a la muestra extraída al sospechoso o tercero, lo cual no significa la participación de este último en los hechos criminales.

Respecto de la segunda de las cuestiones indicadas en el párrafo anterior, aunque refiriéndose a las huellas dactilares, la coincidencia entre las huellas halladas en el apartamento donde se ha cometido un crimen con las obtenidas de cierta persona, permiten deducir únicamente la presencia de la misma en el lugar de los hechos. Estas razones son absolutamente trasladables a la valoración de los resultados del análisis de ADN de tal modo que la coincidencia en un elevado índice de probabilidad entre la huella genética obtenida de los vestigios biológicos hallados en el lugar de los hechos y la resultante de analizar muestras extraídas al sospechoso o a un tercero, permite deducir única y exclusivamente la presencia de ese sujeto en el lugar de los hechos o la existencia de relaciones sexuales si los vestigios indican un posible delito contra la libertad sexual. En este sentido no parece gratuita la utilización por la jurisprudencia alemana del término «indicio» (*Indiz, Beweisanzeichen*) para referirse al valor que cabe atribuir a los resultados del análisis de ADN. Como tal indicio ha de ser considerado y, por lo tanto, valorado con las restantes pruebas practicadas.

4.8. LA LIBRE VALORACIÓN DE LA PRUEBA DE ADN Y EL CÁLCULO DE PROBABILIDADES

Como se dijo, la no coincidencia entre los marcadores genéticos del sujeto a quien se imputa un hecho delictivo y los derivados de los vestigios biológicos hallados en el lugar de los hechos, permite excluir con certeza la hipótesis de que ambas muestras procedan de la misma persona, el margen de error es mínimo y depende casi exclusivamente de la pericia con que se aplica en el laboratorio correspondiente el método de análisis de ADN. La coincidencia de los polimorfismos de ADN analizados en los vestigios y en las muestras no significa, de manera contraria, que ambos procedan con igual grado de certeza de la misma persona. Una afirmación semejante ha de superar el tamiz de una valoración estadística o probabilística.

El desconocimiento por los operadores jurídicos de la complejidad científica de la técnica de ADN, especialmente cuando se trata de los órganos judiciales que deben valorar las pruebas, se traduce en la pretensión de éstos de solicitar del perito que ha intervenido en la operación un cálculo estadístico acerca de la probabilidad de que los vestigios hallados pertenezcan al imputado. Esta cuestión, que en principio se observa no problemática, encierra, en cambio, algunas operaciones no exentas de dificultad y relacionadas con el cálculo matemático de las probabilidades.

Analizados los marcadores genéticos de un vestigio biológico hallado en el lugar de los hechos o en la víctima del delito, la atribución probabilística de los mismos al imputado o sospechoso, exige en primer término conocer con carácter previo la frecuencia con que esos marcadores genéticos están presentes en la población general.

Resultan decisivos, por lo tanto, los estudios poblacionales en los que se establecen las frecuencias fenotípicas de los diferentes marcadores en numerosos grupos de población. Pero aquí no terminan las dificultades planteadas por el cálculo de probabilidades y la forma en que el mismo es expuesto por el perito al

juez; aspectos que inciden de modo directo y definitivo en la materia de la valoración de la prueba y que, además, exigen del juez una participación activa y decisiva a diferencia de lo que erróneamente pueda considerarse.

Una errónea interpretación de la prueba biológica puede conducir a lo que doctrinalmente se ha llamado la falacia del Fiscal y la falacia de la defensa¹⁸.

18 Doctrinalmente CARRACEDO ÁLVAREZ, Ob., Cit., págs. 1982-1983 sostiene como “Cuando se analizan polimorfismos genéticos en manchas biológicas y se trata de ver si corresponden a un individuo, cuya sangre también es analizada, pueden suceder dos situaciones: que no coincidan uno o varios marcadores analizados o que coincidan todos. En el primer caso podemos decir que la mancha analizada no corresponde al individuo con un margen de error prácticamente despreciable y que depende, en todo caso, de la seguridad analítica del laboratorio, de ahí la importancia de la acreditación y los controles de calidad.

El problema se presenta cuando coinciden los grupos analizados en el individuo y la mancha. La respuesta que, entonces, los jueces esperan del perito es el conocer la probabilidad de que esa mancha de sangre, ese pelo o ese esperma provenga de ese individuo.

Antes de nada hay que aclarar que aunque coincidan varios marcadores, siempre existirá una incertidumbre sobre si la mancha pertenece al individuo, que, en muchas ocasiones, puede ser mínima, pero siempre es cuantificable y no puede hablarse en ningún caso de incriminación o seguridad absoluta. Siempre se ha de proceder a la valoración probabilística de la coincidencia de perfiles de ADN.

La necesidad de la valoración probabilística es clara: Imaginemos que una mancha de sangre es encontrada en la escena del crimen, y que existe un acusado cuya sangre se analiza. En ambos, mancha y acusado, se estudia el grupo ABO y los dos poseen el grupo A. Como quiera que el grupo A lo posee cerca del 50 por 100 de los individuos, intuitivamente ya se entiende que esa coincidencia tiene escaso valor probatorio porque es un grupo muy común en la población.

Pero imaginemos que se analiza un grupo de ADN: el sistema D12S391, y que tanto la mancha como el acusado poseen el genotipo 16-17, que lo posee una persona de cada cien. Intuitivamente ya se entiende que la prueba científica tiene ahora un valor muy superior que en el caso anterior. Pero en este último caso la prueba se puede presentar ante el juez, como ahora veremos, de forma muy diferente.

El fiscal puede presentar el caso así: «El análisis del laboratorio forense tiene en este caso una enorme importancia. El grupo encontrado lo posee sólo el uno por cien de la población, de modo que sólo hay un uno por ciento de probabilidades de que la sangre provenga de otro que no sea el acusado. Es decir, solo hay el uno por ciento de probabilidades de que algún otro haya cometido el crimen, de modo que el acusado tiene un 99 por 100 de probabilidades de ser culpable».

La defensa puede al contrario decir: «La prueba del laboratorio forense tiene una importancia muy escasa. Sólo el uno por ciento de la población posee ese grupo de ADN, pero en una ciudad como esta... (supongamos que el crimen se cometió en Madrid), con unas 500,000 personas en edad de cometer el crimen, ese grupo sería encontrado en 50,000. El ADN muestra pues que el acusado es una de las 50,000 personas de la ciudad que pudo haber cometido el crimen. Una posibilidad en 50,000 tiene una importancia escasísima para que se considere a esta persona culpable».

Ninguno de estos argumentos es correcto separado uno del otro y han sido denominados la falacia del fiscal y la falacia de la defensa por Thompson y Schumann, quienes, además, demostraron que presentando la prueba de forma aparentemente aseptica (esto es que el perito diga escuetamente que el grupo lo posee el uno por ciento de la población), un elevado porcentaje de individuos cae espontáneamente en una de las dos falacias. Si además se presenta simplemente uno de los dos argumentos la mayoría de las personas piensan que es correcto.

Pero, ¿cuál es la posición correcta?. La verdad es que la solución dista mucho de ser intuitiva y la manera correcta de valorar la prueba necesita reflexión y estudio.

Dicha falacia viene a significar que incluso la presentación por el perito de forma aparentemente aséptica de un índice de probabilidad (1%, por ejemplo) puede inducir a una interpretación igualmente incorrecta. La falacia del Fiscal consistirá en afirmar el elevado valor probatorio de la prueba pericial de ADN pues existe una probabilidad del 99% de que los vestigios hallados procedan de la persona imputada. La falacia del defensor consiste en afirmar que en una gran población (500.000 habitantes, por ejemplo) la posibilidad de que existan más personas en quienes coincidan los marcadores genéticos, se multiplica considerablemente (5.000 personas).

Para una correcta valoración de las probabilidades se hace preciso acudir al teorema de Bayes¹⁹ que es el empleado en los cálculos estadísticos de paternidad,

El problema es que tanto con las imágenes, como con las palabras y mucho más con las probabilidades no se puede fiar uno, en ocasiones, de la intuición y experiencia pues es fácil que se produzcan paradojas lógicas. Es necesario aprender un método para poder realizar una valoración correcta”.

- 19 “Existen al menos dos grandes modelos de valoración racional de la prueba: a) el primero está basado en la *aplicación de métodos o instrumentos matemáticos* al proceso de valoración; b) el segundo está basado en *esquemas de confirmación*. Ambos modelos corren paralelos a los dos grandes conceptos de probabilidad: la probabilidad matemática y la probabilidad inductiva. La *probabilidad matemática* se predica de *sucesos* y se interpreta en términos de *frecuencia relativa* de la clase de eventos a la que pertenecen, utilizando para su análisis los métodos estadísticos desarrollados por la matemática. El concepto de *probabilidad lógica o inductiva* se corresponde con el uso común de “probablemente”, “posiblemente”, “presumiblemente” algo es verdad, y se predica de *proposiciones* y no de sucesos. Quizá debido al gran desarrollo alcanzado por el cálculo matemático de probabilidades, no faltan los planteamientos que entienden que este cálculo es un buen instrumento para dar también cuenta de los procesos de prueba judicial, aunque aplicando la probabilidad a proposiciones en vez de a sucesos (*Bayes*). Con todo, en el intento de racionalizar la valoración de la prueba (o de medir su grado de probabilidad), los modelos que más predicamento han alcanzado son los basados en esquemas de confirmación.

El esquema valorativo del grado de confirmación.- El esquema valorativo basado en el grado de confirmación entiende que la probabilidad (lógica o inductiva) de una hipótesis depende del apoyo que le prestan las pruebas con las que está conectada a través de reglas causales. La probabilidad se mide aquí, no en términos de frecuencia relativa, sino de “grado de creencia”, “apoyo inductivo” o “grado de confirmación” de una hipótesis respecto de una información. El esquema valorativo del grado de confirmación es el que mejor se adecua a la estructura de los problemas probatorios con que el juez se encuentra: la existencia de una o varias hipótesis sobre los hechos de la causa y la necesidad de establecer, sobre la base de las pruebas disponibles, cuál de ellas resulta más aceptable o atendible. Es cierto que las situaciones con que puede encontrarse el juez pueden ser muy distintas, por lo que hablar de “esquema de valoración”, sin más, seguramente constituya una simplificación excesiva. No obstante, esta simplificación permite aquí mostrar más claramente los criterios centrales de aceptabilidad de las hipótesis; es decir, las condiciones que autorizan a considerar verdadera la versión de los hechos que representan.

Según el esquema valorativo del grado de confirmación una hipótesis puede aceptarse como verdadera si *no ha sido refutada* por las pruebas disponibles y éstas *la hacen probable* (la confirman); o mejor, *más probable que cualquier otra hipótesis* sobre los mismos hechos. Conurren aquí tres requisitos. 1º. *No-refutación*.- Una hipótesis viene refutada por las pruebas disponibles si éstas se hallan en contradicción con aquélla. Por eso el sometimiento a refutación de las hipótesis es la “prueba de fuego” para

así como en criminalística. Este teorema es una consecuencia inmediata de la ley de multiplicación que «sirve para conocer las probabilidades finales de un suceso a partir de las probabilidades iniciales, dada cierta información o informaciones adicionales obtenidas. El método proporciona una forma adecuada de incorporar información previa de un suceso además de permitir incorporar información posterior cuando ésta sea accesible. Es erróneo el proceder de algunos peritos que al ser requeridos para presentar un índice de probabilidades de que los vestigios hallados corresponden a la persona de quien se han extraído las muestras (inculpado), asignan automáticamente un valor 0'5 a la probabilidad *a priori*, es decir, otorgan *a priori* al acusado tantas probabilidades de ser culpable como de ser inocente. En este caso el perito está asumiendo la labor del juez, pero compete a este último determinar *a priori* si el acusado es más culpable que inocente, más inocente que culpable o tiene las mismas posibilidades de ser culpable o inocente. Conviene recordar el enunciado del teorema de Bayes y relacionarlo con lo indicado párrafos más arriba acerca de la participación activa del juez en la valoración de la prueba de ADN.

poder aceptarlas. Y por eso es necesario que exista en el proceso *un momento contradictorio en el que poder refutar las hipótesis*. 2º. *Confirmación*.- Una hipótesis viene confirmada por una prueba si existe un nexo causal o lógico entre ambas (que es una simple ley probabilística o una máxima de experiencia) que hace que la existencia de la prueba constituya una razón para aceptar la hipótesis. El *grado de confirmación* de una hipótesis es pues equivalente a su *probabilidad*, es decir, a la *credibilidad* de la hipótesis a la luz del conjunto de conocimientos disponibles si el grado de certeza de una prueba es débil, el grado de confirmación (o probabilidad) que atribuye a la hipótesis no puede estimarse alto, por más fundada que esté la regla que conecta la prueba con la hipótesis. Por ejemplo, la hipótesis <<A mató a B>> podría venir confirmada por el resultado de una prueba de ADN que estableciera que <<las muestras de piel encontradas entre las uñas de la víctima pertenecen a A>>; o por el testimonio de X que declarara que, aunque estaba muy oscuro, vio que <<A forcejó con (y apuñaló a) B>>. Parece que el grado de certeza de la primera prueba es mayor que el de la segunda, por lo que el grado de confirmación o probabilidad de la hipótesis ha de ser también mayor en el primer caso que en el segundo. 3º. *Mayor probabilidad que cualquier otra hipótesis sobre los mismos hechos*.- Al final del proceso de confirmación y sometimiento a refutación de las hipótesis puede resultar que hipótesis rivales estén suficientemente fundadas, o que ninguna de ellas resulte suficientemente probada en detrimento de la otra. Es decir, el proceso de prueba puede concluir sin resultado claro. La necesidad que tiene el juez de resolver a pesar de este resultado estéril, queda entonces cubierta por el reconocimiento (implícito o explícito) de *reglas legales de decisión* que indican al juez en cada caso en favor de qué hipótesis ha de orientarse la solución. El *in dubio pro reo* en el proceso penal y, en general, las reglas sobre la carga de la prueba constituyen ejemplos de las mismas. Por lo demás, téngase en cuenta que la mayor confirmación que cualquier otra hipótesis sobre los mismos hechos es una cuestión de grado. Cosa distinta son las exigencias institucionales que puedan existir en este punto, que pueden imponer requisitos más o menos severos para aceptar una hipótesis. Así, mientras que en los procesos civiles suele bastar con que el resultado de la prueba sea una probabilidad *preponderante*, en los procesos penales suele exigirse un resultado (probabilístico) *más allá de toda duda razonable*". GASCÓN ABELLAN M., Ob. Cit. Pág. 10-14.

Aplicando el teorema de Bayes, la probabilidad de que pertenezcan a una persona los vestigios hallados una vez analizados sus marcadores genéticos, resultaría de la aplicación de la presente fórmula:

$$P(C) = \frac{Po \times P(E/C)}{Po \times P(E/C) + (1-Po) \times P(E/I)}$$

donde $P(C)$ corresponde a la probabilidad de culpabilidad una vez practicada la prueba científica, Po la probabilidad *a priori* de culpabilidad, $P(E/C)$ la probabilidad de la prueba científica dada la culpabilidad y $P(E/I)$ la probabilidad de la prueba científica dada la inocencia. Si partimos, a modo de ejemplo, de que los marcadores genéticos analizados se repiten conforme al estudio poblacional en un 1% de personas y de que el perito ha atribuido una probabilidad de culpabilidad del 50%, el resultado final sería el siguiente:

$$P(C) = \frac{0'5 \times 1}{(0'5 \times 1) + (0'5 \times 0'01)} = 0'909 = 90'9\%$$

El cálculo de probabilidades obtenido resulta, como se ha señalado, de atribuir una probabilidad *a priori* de culpabilidad del 50% (0'5). Este porcentaje que se atribuye *a priori* puede conducir a engaño, pues si bien es cierto que de existir dos posibilidades (positiva-negativa) aleatorias de resultado, es posible que ocurra tanto una como la otra. La aportación del teorema de Bayes permite afinar el cálculo de probabilidades incorporando información *a priori*, lo que supone un riesgo y la asunción por el Juez de dicha responsabilidad, pues a él corresponde ponderar los indicios y las restantes pruebas concurrentes y sustituir el 50% por una cifra progresivamente más elevada a medida que se incrementan los indicios o pruebas inculpatorias o rebajarla también progresivamente a medida que disminuyen dichos indicios.

La aportación del teorema bayesiano permite restablecer el principio de libre valoración de la prueba en toda su extensión cuando parecía que, precisamente, la aplicación de los métodos científicos reducía la capacidad judicial de apreciar críticamente los resultados probatorios.

La exposición de los resultados derivados del análisis de ADN suscita serios inconvenientes: desde la perspectiva del perito, incluso las más loables pretensiones de presentarlos de forma aséptica, pueden conducir a la falacia del Fiscal y de

la defensa y, desde el punto de vista judicial, impiden la apreciación y valoración crítica del resultado de los análisis.

El momento procesal oportuno para atribuir la probabilidad de culpabilidad *a priori* parece ser lógicamente el inmediatamente posterior a la conclusión del juicio; en este momento, podrá el juez, sin menoscabo de la presunción de inocencia y en vista del resultado más o menos incriminatorio o absolutorio de las pruebas practicadas, determinar dicho valor, no antes.

Ahora bien, si corresponde retardar en virtud de la presunción de inocencia la atribución de la probabilidad *a priori*, ¿cómo ha de presentar su informe el perito en el acto del juicio oral?. Caben dos posibilidades: la primera consiste en que el perito exponga su cálculo de probabilidades como se ha indicado en el ejemplo anterior, es decir, atribuyendo de antemano el propio perito un valor del 50% de culpabilidad reservándose el juez la potestad de alterarla posteriormente. Esta opción presenta el inconveniente de presentar un resultado probabilístico con independencia del resto de indicios o pruebas que se hayan practicado en el juicio oral, desvirtuándolo en definitiva y generando una gran confusión (especialmente si se trata del Tribunal del Jurado). Además presupone que el juez está al corriente de los métodos matemáticos bayesianos de cálculo de probabilidades, junto con el papel judicial que indebidamente se arroga el perito. La segunda posibilidad consiste en que el perito presente no uno, sino varios cálculos posibles de probabilidad en los que se reflejen diversos valores apriorísticos para que el Tribunal atendiendo al valor incriminatorio o exculpatorio se decida por uno de ellos.

4.9. AUTOEVALUACIÓN

CASO 1: Sobre la motivación de los conocimientos científicos y las máximas de la experiencia en la valoración de la prueba de pericial de ADN.

Objetivo formativo: Adquirir plena conciencia de la necesidad de explicar (motivar) las razones por las que el juez atribuye valor en su resolución a determinados conocimientos científicos y máximas de la experiencia.

Construcción del caso:

1) Deberán identificarse máximas de experiencia utilizadas en resoluciones judiciales y aplicarlas a casos prácticos, motivando las razones por las que se les atribuye determinado valor. A modo de ejemplo de máximas de experiencia: “Que siempre la confiabilidad científica de la opinión del perito esta respaldada en sus estudios académicos”; “Que las conclusiones del dictamen pericial son incon-

trastables”; “La seguridad en la declaración del perito refleja la veracidad de sus opiniones”; “Que es señal inequívoca de los conocimientos deficientes del perito cuando vacila en sus respuestas”; etcétera.

2) Otro tanto con conocimientos científicos utilizados en la valoración de la prueba.

CASO 2: Sobre la interpretación y valoración del experticio científico de ADN como sustento de la sentencia.

Objetivo formativo: Adquirir plena conciencia de la importancia que en la motivación de la sentencia, pero principalmente en la valoración de la prueba, tiene la articulación del lenguaje científico al lenguaje jurídico para la explicación, comprensión y control efectivo de las resoluciones judiciales por los justiciables, constituyendo un medio fundamental de la legitimación de la función judicial.

Construcción del caso:

1) Se seleccionarán providencias de procesos reales en las que se aprecien graves problemas de comprensión por el lenguaje utilizado en la valoración de la prueba pericial científica, con objeto de que los participantes en el curso puedan detectar y valorar los defectos que aprecian.

BIBLIOGRAFIA

- ALER GAY Mercedes, Sección de Biología Forense. Unidad Docente de Medicina Legal. Facultad de Medicina. Universidad de Valencia. Valencia. Félix Carrasco Lozano, Laboratorio de ADN. Jefatura de Investigación y Criminalística. Dirección General de la Guardia Civil. Madrid. José Antonio Lorente Acosta, Laboratorio de Identificación Genética. Departamento de Medicina Legal. Universidad de Granada. Granada. y otros. M^a Victoria Prieto Ruiz-Canela, Sección de Biología. Instituto de Toxicología. Departamento de Sevilla. Sevilla. Elena Rivas San Martín Laboratorio de Biología-ADN. Comisaría general de Policía Científica. Servicio Central de Analítica. Madrid. Lourdes Fernández de Simón, Sección de Biología. Instituto de Toxicología. Departamento de Madrid. Recomendaciones para la Recogida y Envío de Muestras con fines de identificación Genética. Grupo Español y Portugués de la ISFG, Madeira. 2000.
- CABAÑAS GARCÍA, Juan Carlos, La valoración de las pruebas y su control en el proceso civil, Madrid: Trivium, 1992.
- CAMPOS, Federico. La relevancia de la custodia de la evidencia en la investigación judicial. Med. leg. Costa Rica, mar. 2002, vol.19, No.1, p.75-87.
- CARRACEDO ÁLVAREZ, Valoración e interpretación de la prueba de ADN ante los tribunales, Madrid: Ministerio de justicia, centro de estudios jurídicos – CGPJ, 1996.
- CHOCLÁN MONTALVO, J. A., Pericia genética y proceso penal, Revista de Derecho y Genoma Humano, 1998, número 9.
- DEVIS ECHANDÍA, Hernando, Teoría general de la prueba, tomos I y II, Buenos Aires: Víctor de P. Zavalía, 1981.
- ETXEBERRÍA GURIDI, José Francisco, Los análisis de ADN y su aplicación al proceso penal, Granada: Comares, 2000.
- FERRER BELTRÁN, Jordi, Prueba y verdad en el derecho, Barcelona: Marcial Pons, 2002.
- Fiscalía General de la Nación. Semanario Sistema Acusatorio No. 17. Enero 11 de 2005.
- Fiscalía General de la Nación. (Manual Único de Policía Judicial, aprobado por acta No. 053 de 13 de mayo de 2005), Bogotá.
- FONT SERRA, Eduardo, La prueba de peritos en el proceso civil español, Barcelona: Hispano Europea, 1974.
- FORCADA JORDI, M., Las inspecciones o registros sobre la propia persona, Madrid: la Ley, 1994.

- GASCÓN ABELLÁN, Marina, La prueba judicial: valoración racional y motivación, Universidad de Castilla-la Mancha. Sin fecha.
- GONZÁLEZ-CUÉLLAR SERRANO, Nicolás, Proporcionalidad y derechos fundamentales en el proceso penal, Madrid: Colex, 1990.
- GONZÁLEZ SOLER, O. E., "Aspectos constitucionales de algunas diligencias sumariales que afectan a los derechos a la intimidad y al secreto de las comunicaciones: entradas domiciliarias. Comunicaciones postales y telefónicas", Constitución y garantías penales, Cuadernos de Derecho Judicial, núm. XV, CGPJ, Madrid, 2003.
- GUERRERO PERALTA, Oscar, El Juez de Control de Garantías, Reflexiones sobre el nuevo Sistema Procesal Penal. Bogotá: Consejo Superior de la Judicatura, 2004.
- HUERTAS MARTÍN, M^a I., El sujeto pasivo del proceso penal como objeto de la prueba, Barcelona: J. M. Bosch , 1999.
- LÓPEZ BARJA DE QUIROGA, J., La prueba en el proceso penal obtenida mediante el análisis del ADN", en Genética y Derecho, Madrid: Cuadernos de Derecho Judicial, CGPJ, núm. VI, 2004.
- MAIER Julio, B. J., Derecho procesal penal, Tomos I y II, Buenos Aires: Del puerto, 2003.
- M. LORENTE ACOSTA, J. A. LORENTE ACOSTA, E. Villanueva Cañadas, La tecnología del ADN en medicina forense: importancia del indicio y del lugar de los hechos, Madrid: Cuadernos de Medicina Forense, nº 3, enero 1996
- MONER MUÑOZ, E., "Las intervenciones corporales", Madrid: Cuadernos de Derecho Judicial. La restricción de los derechos fundamentales de la persona, CGPJ, 1993.
- MORA SÁNCHEZ, Juan Miguel, Aspectos sustantivos y procesales de la tecnología del ADN, Granada: Pomares, 2001.
- PAREDES LÓPEZ, Manuel, El ADN en el sistema judicial colombiano, Consejo Superior de la Judicatura, Prueba de ADN, Bogotá, 2006.
- PEDRAZ PENALVA, E., Introducción al Derecho Procesal Penal (acotado al ordenamiento jurídico nicaragüense), Managua: Hispamer, 2003.
- ROMEO CASABONA, Carlos, Del gen al derecho, Bogotá: Externado, 1998.
- TARUFFO, Michelle, La prueba de los hechos, Madrid: Trotta, 2002.
- URBANO MARTÍNEZ, José Joaquín, Los nuevos fundamentos de las pruebas penales. Bogotá: Consejo Superior de la Judicatura, escuela judicial Rodrigo Lara Bonilla, Plan integral de formación y capacitación en el sistema penal acusatorio, 2005

ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE IMPRIMIR
EN MAYO DE 2008
EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
UNIBIBLOS, dirunibiblo_bog@unal.edu.co
BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

