



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE DERECHO**



**ACREDITACIÓN, VALORACIÓN Y DERECHOS HUMANOS EN LA
PRUEBA DE GENÉTICA FORENSE. SITUACIÓN DE INCERTIDUMBRE
EN EL SISTEMA DE JUSTICIA PENAL**

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL
GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS JURÍDICAS

PRESENTA

JUAN ALBERTO PICHARDO HERNÁNDEZ

DIRIGIDO POR

DRA. GABRIELA AGUADO ROMERO

CENTRO UNIVERSITARIO

QUERÉTARO, QRO.

Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Derecho

DOCTORADO EN

CIENCIAS JURÍDICAS

Opción de titulación

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Doctor en

Ciencias Jurídicas

Presenta:

Juan Alberto Pichardo Hernández

Dirigido por:

Dra. Gabriela Aguado Romero

Dra. Gabriela Aguado Romero

Presidente

Firma

Dra. Patricia Lucila González Rodríguez

Secretario

Firma

Dra. Alina del Carmen Nettel Barrera

Vocal

Firma

Dr. Raúl Ruiz Canizales

Suplente

Firma

Dr. Rubén Martínez Miranda

Suplente

Firma

Mtro. Ricardo Ugalde Ramírez

Nombre y Firma

Director de la Facultad

Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Nombre y firma

Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario

Querétaro, Qro.

Octubre 2020

Resumen

La acreditación del laboratorio de genética forense garantiza resultados fiables y de calidad, con ello el juzgador valora esta prueba científica para tomar las mejores decisiones judiciales protegiendo los derechos humanos de los involucrados en los casos penales. Sin embargo, ante el planteamiento anterior los estudios de la ciencia, tecnología y sociedad y la teoría racional de la prueba han discutido dificultades incontrovertibles de la prueba de genética forense tales como el uso de la ciencia en la investigación criminal, la fiabilidad de sus resultados, la sobrevaloración de sus resultados, el desconocimiento de sus alcances científicos en el terreno judicial ya sea en su práctica o valoración. Lo anterior, para su mejor comprensión estas dificultades se identifican como escenarios de incertidumbre que presenta la prueba de genética forense en el sistema de justicia penal. Ante ello, la responsabilidad del órgano jurisdiccional para tomar decisiones desde la incertidumbre protegiendo los derechos humanos se ha convertido en un reto. Por otro lado, la comunidad científica en genética forense se esfuerza para reducir estos escenarios de incertidumbre por medio de la estandarización y normalización de sus prácticas, la capacitación de los actores expertos y los actores no expertos, la presencia de los comités de ciencia y los capacitadores para estandarizar dichas prácticas. El esfuerzo para enfrentar la incertidumbre por medio de la estandarización pone en discusión si es suficiente para proteger los derechos humanos de las personas en un proceso penal.

(Palabras clave: Acreditación, estandarización, genética forense, derechos humanos, incertidumbre).

Summary

The accreditation of the forensic genetics laboratory guarantees reliable and quality results, with this the judge values this scientific evidence to make the best judicial decisions protecting the human rights of those involved in criminal cases. However, given the approach, studies of science, technology and society, and the rational theory have discussed incontrovertible difficulties of the genetic test such as the use of the science in criminal investigation, the reliability and overvaluation of its results or even the ignorance of the scientific approach in the judicial field whether it's in the practice or valuation. The precedent, for a better understanding, is that the difficulties are identified as scenarios of uncertainty presented by the forensic genetic test in the criminal justice system. Given this, the responsibility of the court to make decisions based on uncertainty protecting human rights has become a challenge. On the other hand, the scientific community in forensic genetics strives to reduce these uncertainty scenarios through the standardization and normalization of its practices, the training of expert actors and non-expert actors, the presence of science committees and the trainers to standardize these practices. The effort to face uncertainty through standardization calls into question whether it is enough to protect the human rights of people in criminal proceedings.

(Keywords: Accreditation, standardization, forensic genetics, human rights, uncertainty).

Dedicatoria

A Dení, Emilia Yaretzi y Lucio.

Direcció n General de Bibliotecas UAQ

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a los sinodales que acompañaron el desarrollo de esta investigación. Dra. Gabriela Aguado Romero, Dra. Patricia Lucila González Rodríguez, Dra. Patricia Lucila González Rodríguez, Dra. Alina del Carmen Nettel Barrera, Dr. Raúl Ruiz Canizales, Dr. Rubén Martínez Miranda.

En segundo lugar, a los expertos forenses quienes trabajan en laboratorios acreditados y que compartieron sus conocimientos. Sin su apoyo el avance hubiera sido incompleto.

También, a la coordinadora del doctorado, Dra. Alina del Carmen Nettel Barrera. Debido a su excelente gestión como la representante de este programa de doctorado.

De igual forma, a la Universidad Autónoma de Querétaro que es un espacio académico que promueve el compromiso con la comunidad estudiantil.

Por último, al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT). Por brindar el apoyo necesario para realizar un programa de posgrado de calidad.

Índice

Resumen	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos	vi
Índice	vii
Introducción	6
Capítulo I.....	12
La prueba pericial en el sistema de justicia penal desde la ciencia, el tema probatorio y los derechos humanos	12
1.1. Sistema de justicia penal, Investigación criminal y el laboratorio Forense.....	13
1.2. La prueba pericial y el sistema de justicia penal en México.....	19
1.3. CTS y la investigación criminal.....	26
1.4. El razonamiento probatorio y la prueba pericial	35
1.5. Los derechos humanos y la prueba pericial.....	43
Capítulo II.....	50
La prueba de genética forense y la relación judicial	50
2.1. Ciencias forenses.....	52
2.2. La prueba pericial y su científicidad.....	54
2.3. Las sentencias judiciales y la prueba científica.....	56
2.4. Aspectos históricos de la genética forense	61
2.5. Las primeras controversias de la prueba de genética forense	66
2.6. Incertidumbre en la prueba pericial	70
Capítulo III.....	80
Acreditación del laboratorio de genética forense.....	80
3.1. La estandarización y acreditación del laboratorio de genética forense	81
3.2. Debate teórico de la prueba de genética forense	87
3.3. La estandarización y las necesidades de la aplicación forense.....	90
3.4. Garantizar la calidad del laboratorio	93

3.5. Acreditación de los laboratorios forenses en México.....	97
Capítulo IV.....	105
<i>Acreditación e incertidumbre en el laboratorio de genética forense.....</i>	105
4.1. Las etapas de la acreditación en el laboratorio de genética forense.....	107
4.2. La norma ISO/IEC 17025:2017 en el laboratorio de genética forense	112
4.2.1. El sistema de gestión de calidad	114
4.2.2. La competencia técnica.....	116
4.2.3. Las validaciones en el laboratorio.....	119
4.2.4. Las revisiones de trabajo.....	122
4.3. Descripción en el recorrido de la muestra biológica o indicio en el laboratorio de genética forense acreditado.....	123
4.3.1. Recepción de las muestras.....	124
4.3.2. Pre-análisis de las muestras.....	128
4.3.3. Extracción de cromosomas	129
4.3.4. Cuantificación	135
4.3.5. Amplificación.....	137
4.3.6. Electroforesis capilar.....	139
4.3.7. Vaciado de resultados.....	145
4.3.8. Estudio estadístico	146
4.3.9. Dictaminación	146
4.3.10. Flujo de las muestras en el laboratorio de genética forense	147
4.4. Recorrido de muestras de genética forense en un caso de violación.....	154
4.4.1. Resumen de los hechos.....	155
4.4.2. Recepción de las muestras biológicas en el laboratorio, revisión de los indicios y precauciones técnicas	156
4.4.3. Pre-análisis, estudio, revisión y preparación de las muestras.....	158
4.4.4. La extracción de los cromosomas en las muestras enviadas a estudio	160
4.4.5. Cuantificación, tipo de muestras y degradación de la muestra real.....	161
4.4.6. Amplificación, replicar las cadenas de ADN con la PCR	162
4.4.7. Electroforesis capilar, lectura de los resultados para la interpretación genética	162
4.4.8. Vaciado de resultados, la traducción gráfica y estudios de confronta.....	163
4.4.9. Estudio estadístico, las probabilidades al servicio de la justicia	163
4.4.10. Dictaminación, colocar la información en un documento oficial técnico y científico.....	164
Capítulo V.....	166
<i>Derechos humanos y la prueba pericial de genética forense</i>	166
5.1. Contextualizar los derechos humanos en el sistema de justicia	167
5.2. Derechos humanos, debido proceso y la presentación de pruebas	169
5.3. La prueba de genética forense en el aspecto jurídico-procesal y su relación con los derechos humanos	172

5.3.1. Obtención de las muestras de genética forense. El acto, su análisis y la forma de interpretarlas	173
5.3.2. Derecho humano a la intimidad genética	174
5.3.3. Derechos humanos en la integridad de las personas y la prueba de genética forense	177
5.3.4. Discusión entre la protección de los derechos humanos de las partes procesales	178
5.4. La prueba de genética forense en su aspecto-técnico científico y los derechos humanos	179
5.4.1. ADN codificante y no codificante, la protección de la información como un derecho humano..	180
5.4.2. Perfiles genéticos problemáticos y los efectos estocásticos, desventaja en los derechos humanos del imputado.....	182
5.4.3. La secuencia de números, ¿puede hacer la diferencia? La secuenciación de nucleótidos y los derechos humanos.....	186
5.5. La prueba de genética forense en el aspecto interpretativo y de valoración en los derechos humanos	188
5.5.1. Los sesgos en la interpretación de los expertos.....	189
5.5.2. El sesgo de confirmación en la prueba de genética forense	190
5.5.3. Algunos criterios previos a considerar antes de analizar la prueba de genética forense	192
5.5.4. Análisis y condiciones de la muestra de genética forense	194
5.5.5. La muestra de ADN y el contexto.....	195
Conclusiones.....	197
Bibliografía	201

Introducción

En los últimos años se ha promovido la acreditación de los laboratorios forenses con la intención de brindar resultados de calidad que garanticen la protección de los derechos humanos de los involucrados en los casos penales y originar un buen funcionamiento del sistema de justicia penal por medio de una investigación criminal confiable, con el objetivo de que el juzgador al contar con estos resultados de confianza pueda valorar las pruebas que le permitirán tomar las decisiones judiciales pertinentes.

La acreditación del laboratorio de genética forense se convirtió en una necesidad debido a los cambios que se suscitaron recientemente en el sistema de justicia penal, la importancia que se percibió en las pruebas periciales para la comprobación o sustentación de hechos hizo que se tomara en cuenta la situación de este tipo de pruebas y, los laboratorios forenses ocuparon la atención de los encargados de procuración de justicia. Una de las primeras aspiraciones fue que los resultados que iban a ser tomados como pruebas en el proceso penal contaran con un distintivo de calidad. La calidad de sus resultados da confianza y seguridad a los involucrados en el proceso penal, a los órganos encargados de tomar decisiones judiciales y, además, permite que sean válidos para la cooperación en la criminalidad transnacional. Estos resultados con calidad se respaldan porque sus procesos siguen los criterios mínimos de una norma internacional.

Los laboratorios forenses que cumplen con los criterios mínimos de una norma internacional garantizan la calidad en los productos o servicios que ofrecen debido a los criterios de evaluación que los regulan. Un cuerpo técnico con respaldo científico en su campo de conocimiento, una instrumentalización y equipamiento sofisticado ha proporcionado cambios sustanciales en la forma de presentar las pruebas que se emiten de los laboratorios forenses. Bajo estas características la acreditación de los laboratorios de genética forense se basa en una norma internacional para asegurar la calidad de sus resultados, esta norma es la ISO/IEC

17025 la cual establece parámetros de calidad que aseguran las competencias de los laboratorios forenses. La acreditación bajo estándares internacionales ve la importancia en: un estándar técnico que considera la metodología, los métodos estadísticos, los informes y la comunicación de los resultados. Y un estándar de procedimientos que contempla la organización del laboratorio, los protocolos, el calibrado y mantenimiento del equipo, así como las auditorías internas y externas que le dan respaldo al laboratorio. Todo lo anterior en beneficio de los resultados de calidad del laboratorio que serán utilizados para tomar las debidas determinaciones judiciales.

Sin embargo, desde los estudios de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS) en la investigación criminal y los laboratorios forenses; y desde la teoría racional de la prueba que estudia los dilemas que hay en la valoración de la prueba, los estándares probatorios y la probanza de los hechos, han advertido diferentes escenarios de incertidumbre; ya sea en su contexto de la investigación científica y la investigación criminal o en las implicaciones que tienen sus resultados dentro del sistema de justicia penal cuando son valorados por los órganos jurisdiccionales. La concepción de que una prueba científica proporciona confianza al órgano jurisdiccional es ampliamente reconocida; no obstante, se desconocen los procesos de acreditación por los que pasa los resultados y algunos criterios o estándares claros para realizar la valoración de las pruebas que garanticen una toma de decisiones en el esclarecimiento de los hechos litigiosos. Lo anterior desde el contexto de los derechos humanos de los sujetos procesales, teniendo en cuenta que los derechos humanos en el sistema de justicia penal deben promover el derecho a un juicio justo¹.

Una vez esbozado el eje que describe la acreditación de los laboratorios forenses y en este caso el de genética forense, el eje que analiza la valoración de la prueba pericial de genética forense y el eje que estudia la implicación de los derechos humanos por la relación entre los dos ejes anteriores, es oportuno

¹ PACTO INTERNACIONAL DE DERECHOS CIVILES Y POLÍTICOS, 1966, artículo 14. (en línea) disponible en: https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/ccpr_SP.pdf

identificar los *escenarios de incertidumbre* como una categoría de análisis para el estudio de los ejes antes descritos, aunque en ambos casos presentan características particulares e incluso se interpreta de forma distinta en ambos ejes, al final esta categoría permitirá identificar puentes entre los resultados de las pruebas periciales y su interpretación por un órgano judicial.

Por lo tanto, esta investigación describe en primer lugar la prueba pericial de genética forense dentro del sistema de justicia penal, en segundo lugar cómo desde el marco teórico propuesto, es decir, los estudios CTS y la teoría racional de la prueba se puede utilizar la categoría de análisis de escenarios de incertidumbre que en ambas teorías se ha identificado, con ella hacer una descripción de los laboratorios de genética forense acreditados para analizar estos resultados y su valoración en el sistema de justicia penal, en atención a la protección o vulneración de los derechos humanos de los sujetos procesales involucrados.

Cabe señalar que se decidió estudiar la acreditación del laboratorio de genética forense debido a que es una de las ciencias forenses más desarrolladas y actualmente reconocidas en el sistema de justicia penal, lo que a su vez la hace una de las más complicadas al momento de interpretar sus resultados. Para acercarse al tema de la acreditación del laboratorio de genética forense se realizará por medio de observaciones y entrevistas con expertos encargados que se desenvuelven en laboratorios de genética forense del país.

Con el panorama anterior, se plantean los siguientes cuestionamientos: ¿De qué manera la acreditación del laboratorio de genética forense ha influido en la calidad de sus resultados y en la confianza para la toma de decisiones judiciales al momento de valorarlos? Esta pregunta pretende indagar si la acreditación en el laboratorio de genética forense ha generado cambios sustanciales en la manera de hacer ciencia y en la calidad sus resultados. De la pregunta antes formulada se desprenden los siguientes cuestionamientos ¿cuáles son los principales escenarios de incertidumbre que presentan los resultados del laboratorio de genética forense y su valoración por parte del órgano decisor?; ¿cómo la acreditación del laboratorio es un esfuerzo para mitigar estos escenarios de incertidumbre? y ¿cómo estos

escenarios de incertidumbre pudieran vulnerar los derechos humanos de los sujetos procesales? Estos cuestionamientos buscan en primer lugar identificar dichos escenarios tanto en la construcción de los resultados por parte de los laboratorios acreditados de genética forense, como en la valoración de los resultados por el órgano jurisdiccional. Una vez conocidos estos escenarios de incertidumbre en ambos ejes, convendría analizar cómo los derechos humanos pueden ser vulnerados debido a estos escenarios y proponer una argumentación teórica para su discusión.

El tipo de investigación por el propósito que persigue se encuentra por un lado en el marco metodológico de la teoría racional de la prueba desde la filosofía analítica del derecho, ya que pretende analizar la valoración de la prueba de genética forense proveniente de un laboratorio acreditado; por otro lado, los estudios etnográficos desde la propuesta teórica de la CTS en el laboratorio acreditado de genética forense nos permite tener un acercamiento al funcionamiento del laboratorio en la creación de los resultados que posteriormente serán valorados y algunos aspectos críticos a tomar en cuenta. Debido al tema que abarca distintas áreas de conocimiento, esta investigación es interdisciplinaria por los distintos enfoques que la prueba de genética forense puede manifestar. Por tanto, con estos elementos ahora se puede identificar los siguientes ejes de estudio, los escenarios de incertidumbre, la acreditación como respuesta y los actores que participan en dicho ambiente.

Atendiendo al planteamiento anterior, esta tesis se organiza en cinco capítulos. El capítulo primero recorre el contenido teórico de la prueba pericial en el sistema de justicia penal. En el mismo sentido, de forma teórica se analiza desde los estudios CTS y la teoría racional de la prueba las implicaciones de dichas pruebas dentro del proceso judicial. Y por último, observa la relación que tiene ambos marcos teóricos en vinculación con los derechos humanos de los involucrados en el sistema de justicia penal.

El capítulo segundo estudia la prueba pericial en el sistema de justicia penal, presenta algunos dilemas de la ciencia, la ciencia forense y las pruebas periciales.

También revisa algunos aspectos generales de la prueba de genética forense, las primeras controversias de esta prueba y describe algunos estados de incertidumbre que pudieran afectar los derechos humanos de las personas dentro del sistema de justicia penal.

El capítulo tercero describe el desarrollo teórico de la acreditación del laboratorio de genética forense, explica por medio de los autores cómo se dio la estandarización del laboratorio. También, describe la acreditación de los laboratorios forenses en el país, la incorporación de las normas de estandarización y la importancia del sistema de gestión de calidad.

El capítulo cuarto hace una descripción del laboratorio de genética forense. Este capítulo se subdivide en dos apartados: el primer apartado estudia cómo es el proceso de acreditación en un laboratorio de genética forense, la forma en que se organiza, construye e instrumentaliza para poder ser acreditado y emitir resultados que garantizaran su calidad. El segundo apartado presenta un estudio de caso para comprender el desarrollo de las muestras al interior de un laboratorio forense.

El capítulo quinto, analiza la relación que existe entre la acreditación de los laboratorios de genética forense, la valoración de los resultados por el órgano jurisdiccional y la implicación de los derechos humanos. Para una mejor comprensión se subdivide en el análisis de los siguientes aspectos: el aspecto jurídico-procesal, el aspecto técnico-científico y el aspecto interpretativo y de valoración de la prueba.

La presente investigación es de utilidad para aquellos interesados en los temas de la ciencia y la tecnología en relación con el derecho y la ciencia jurídica, la descripción de este tipo de relaciones permite comprender espacios de interacción que pocas veces se discuten o se presentan, además, puede animar la discusión para que se siga ventilando dichos temas. La utilidad que tiene el estudio además de resaltar esta relación es que coloca la incertidumbre en una nueva zona de análisis vista más como una constante que como un enemigo a vencer, debido

a que la ciencia, la tecnología y la estandarización son los esfuerzos necesarios para sortear la incertidumbre incesante que se presenta en la investigación criminal.

Direcció General de Biblioteques UAQ

Capítulo I

La prueba pericial en el sistema de justicia penal desde la ciencia, el tema probatorio y los derechos humanos

La prueba pericial para el sistema de justicia penal fue el incentivo para demostrar que dentro del proceso penal se tienen elementos suficientes para corroborar hechos y lograr determinar la situación jurídica de las personas conforme a estos hechos; por lo tanto, valdría la pena describir esta característica en las reformas de los sistemas de justicia penal en Latinoamérica y cómo el sistema de enjuiciamiento criminal ha controvertido con la prueba pericial para demostrar los hechos y que el juzgador tome su mejor decisión protegiendo los derechos de los involucrados. Estas reformas implicaron avances paulatinos, primero normativos, después mejoras en la operación del sistema de justicia entre otros aspectos.

De esta manera los operadores de la prueba pericial dan un paso con la acreditación de los laboratorios con la intención de asegurar los resultados que garantizan la protección de los derechos humanos. Sin embargo, los estudios de la ciencia, tecnología y sociedad (CTS) así como los estudios de la teoría racional de la prueba (TRP) muestran una serie de controversias y debates en torno a los laboratorios que emiten estas pruebas periciales; en lo que ve la CTS han controvertido el uso de la prueba pericial en el sistema de justicia penal desde los laboratorios, las complicaciones de la ciencia en estrecha relación con el derecho y las implicaciones a las que lleva esta relación. Respecto a la TRP han mostrado las dificultades que se presentan en la valoración de la prueba y sus criterios de validez, así como las dificultades que atraviesa la prueba pericial en su admisibilidad, práctica y valoración.

Este capítulo en primer lugar muestra las reformas que hubo en los sistemas de justicia de la región y su impacto en las pruebas periciales, después da paso al estudio de la prueba pericial dentro del sistema de justicia penal, continúa mostrando cómo los estudios de la CTS y de la TRP pueden influir en el análisis de la prueba pericial para debatir y controvertir su utilización dentro del sistema de

justicia y por último, describe la influencia de la prueba pericial en los derechos humanos.

1.1. Sistema de justicia penal, Investigación criminal y el laboratorio Forense

Las reformas en los sistemas de justicia penal de Latinoamérica iniciaron en los años noventas primeramente en Argentina, Guatemala, Costa Rica y el Salvador, a partir de allí los sistemas de justicia de la región iniciaron sus respectivas reformas de justicia. A decir de Juan Enrique Vargas² el propósito de estas reformas fue con la intención de cambiar los sistemas inquisitivos y escritos por un sistema adversarial y oral. Estos cambios se presentan para que en el sistema de enjuiciamiento criminal se pueda controvertir la prueba que demuestra los hechos y que el juzgador determine una decisión independiente que atienda al debido proceso y proteja los derechos de las víctimas.

Según Vargas, estas reformas al sistema de justicia se entienden para fines prácticos en dos generaciones. Las reformas de primera generación, las cuales se caracterizan porque los cambios principalmente fueron normativos centrándose en la aprobación de los textos legales. Y las reformas de segunda generación; además de la aprobación de los textos legales también se encaminan hacia una aplicación, diseño, adaptación y mejora del sistema de justicia. Otra característica en la reforma de la primera generación es que la asesoría provino principalmente de abogados mientras que en las reformas de segunda generación participaron expertos y profesionistas de varias disciplinas científicas que fortalecieron una mejor implementación.

Incluso autores como Alberto Binder³ plantean tres generaciones en las reformas al sistema de justicia, la primera reforma se caracteriza por los siguientes

² VARGAS VIANCOS, Juan Enrique. "La nueva generación de reformas procesales penales en Latinoamérica", en *URVIO, revista Latinoamericana de Estudios de seguridad*, Quito, núm. 3, 2008, p. 34

³ BINDER, Alberto. "La reforma de la justicia penal en América latina como política de largo plazo". (Documento web), 2016, revisado el 8 de enero de 2020, disponible en:

elementos: la división de funciones en el proceso penal entre la fiscalía, el juez y la defensoría pública. La diversificación de salidas y respuestas rompiendo con la acción pública como única forma de actuación, ahora se introducen formas conciliatorias como las suspensiones condicionales del proceso, entre otras. Se visibiliza a la víctima y se reconocen las garantías del imputado. En esta primera generación surgieron retos que quedaron pendientes, principalmente aquellas que el autor denomina *una reconfiguración inquisitorial del sistema acusatorio*, esto significa que el sistema tendía a funcionar como antes de las reformas. Los retos de la oralidad se hicieron evidentes en la calidad del litigio reflejándose en la producción de prueba y la carencia de técnicas efectivas para interrogar. Nuevamente el proceso tendía a ser burocráticamente reflejo del trámite anterior, se abusaba de la prisión preventiva, no había un verdadero reconocimiento de la víctima en el proceso, en las investigaciones complejas como el lavado de dinero o delincuencia organizada no existía una capacidad institucional para este tipo de investigaciones⁴.

En la segunda generación o etapa descrita por Binder, considera que se caracteriza por dar respuestas a los restos de la primera generación o etapa, tales como entender bien el concepto del sistema acusatorio y adversarial bajo una preparación que permita ejercer un litigio consistente, el aumento en la cantidad de audiencias bajo la oralidad y de manera pública, la dimensión organizacional que pone en evidencia uno de los mayores problemas que son los modelos de organización del sistema y no tanto las reglas procesales, cada institución debe tener su propio modelo de organización; es decir, las fiscalías, la defensoría y los tribunales tiene su modo organizacional que los definirá pero sobre todo consolidaran el sistema de justicia.

Y por último, Binder habla de una tercera generación que pone énfasis en: la perspectiva de la política criminal para dar respuesta y dotar de eficacia al sistema de justicia por el uso de la inteligencia de datos y el análisis del delito, una verdadera visión integral de la víctima, una verdadera revisión que identifique el correcto

2020.http://reflejar.jufejus.org.ar/www.jufejus.org.ar/images/doc/ACTIVIDADES/Estadisticas/Jornadas%20de%20Capacitacion/Material/Jornada_XII/LA_REFORMA_DE_LA_JUSTICIA_PENALEBERT.pdf.

⁴ *Ídem*.

funcionamiento de los programas ya adoptados pero ahora que entren en un proceso de auto introspección tales como: los programas de protección, orientación y asistencia a la víctima, las salidas alternas que realmente hagan su función para que la actividad de coerción penal se vea disminuida con estas salidas. Una defensoría pública de mayor calidad, fortalecer las instancias que protegen la defensa de las personas y su autonomía, una democratización de la justicia que se entienda como una acción a repensar las bases que ejercen las prácticas del poder judicial con nuevas formas de participación ciudadana, una comunicación de las sentencias, entre otras.

La descripción que los autores han realizado del sistema de justicia penal por medio de generación permite tener una imagen del contexto de la región y las características que cada generación representa en la conformación del sistema de justicia. Las necesidad regionales del cambio al sistema de justicia implican no únicamente las reformas normativas que le dan las bases y el marco legal para el cambio, también resalta la necesidad de adoptar nuevos esquemas para entender la justicia y que el referente no sea únicamente el castigo punitivo, otras formas como las salidas alternas, la participación de la víctima, el reconocimiento de las defensorías públicas y que para generar dicho cambio además de participar expertos en el derecho también participaron profesionistas de otras disciplinas que aportaron sus conocimientos para la implementación de este cambio.

En el mismo contexto latinoamericano para Asael Maldonado y Benavente ya en el año 2010⁵ notaron que la implementación al sistema de justicia antes referida se compone de diversos cambios en la cultura legal y en el diseño institucional, además de un cambio en la conceptualización del propio sistema en un sentido abstracto, pasar de un Estado racional en el ejercicio del *ius puniendi* que le confiere sentido al proceso penal y facultades al juzgador, hacia un paradigma donde el sistema de justicia penal sirviera para la discusión y solución del conflicto entre las partes.

⁵ MALDONADO Asael y Hesbert BENAVENTE. "El Estado En La gestión Del Conflicto: La Reforma Del Proceso Penal En Latinoamérica", en *Opinión Jurídica*, Colombia, núm. 17, enero-junio de 2010, p. 58

Las reformas a los sistemas de justicia penal en Latinoamérica implicaron cambios importantes para la procuración y administración de justicia. Uno de esos cambios como bien mencionó Vargas fue la atención hacia las pruebas que se utilizan para demostrar los hechos delictivos. Estas pruebas entre más confiables sean tendrán más elementos para la toma de decisiones judiciales de las personas relacionadas a los hechos delictivos; no es de extrañar que la prueba pericial es una de las más confiables para los fines antes descritos, por su carácter objetivo, técnico, científico o riguroso. Por tal motivo, las áreas periciales entraron a una fase de mejora por medio de las certificaciones y acreditaciones en los procesos internos, en la capacitación de los expertos y en la acreditación de los laboratorios.

La acreditación del laboratorio de genética forense tiene el objetivo de brindar calidad en los resultados que emite, esta calidad se ofrece mediante un sistema de gestión que asegura que los resultados sean imparciales, de conformidad con la normatividad vigente y mediante la competencia técnica de los expertos que trabajan en el laboratorio. Los resultados de calidad provenientes de un laboratorio acreditado favorecen al buen desarrollo de la investigación criminal. Una óptima investigación criminal permite que el sistema de justicia y los órganos jurisdiccionales cuenten con elementos de confianza para tomar sus determinaciones. Estos elementos de seguridad y confianza en el sistema de justicia garantizan la protección de los derechos humanos de las personas involucradas en un caso penal. Asegurando la protección de los derechos humanos se emitirá un mensaje hacia la sociedad de que el sistema de justicia funciona.

Sin embargo, existe una aportación teórica a partir de la literatura que cuestiona el planteamiento anterior y la aparente estabilidad del sistema de justicia. *Los Estudios de la Ciencia, Tecnología y Sociedad* a pesar de no abordar directamente el tema de las acreditaciones en los laboratorios si han mostrando una serie de problemáticas respecto a la investigación criminal y algunos laboratorios forenses, sobre todo han estudiado la relación que existe entre la ciencia y las instituciones jurídicas, han revisado dilemas como la interpretación de ciertas pruebas forenses, los criterios de subjetividad en dichas pruebas y la

sobrevaloración de algunas pruebas científicas; también han estudiado los problemas de la ciencia en la investigación criminal y cómo en conjunto se convierte problemática la investigación científica en la misma investigación criminal.

De igual forma en sentido bibliográfico la *Teoría Racional de la Prueba* conduce al entendimiento del papel que juegan las pruebas periciales dentro del sistema de justicia penal, desde la pertinencia, práctica y valoración de las pruebas en el proceso, esta teoría hace énfasis en el estudio racional de la prueba que no había sido considerada, pues el tema probatorio ha sido atendido únicamente desde el formalismo procesal y normativo. Esta teoría analiza que la información utilizada para la determinación de los hechos criminales sea la más confiable para ello y que cumpla el estándar necesario para dar por probados los hechos delictivos. En cierta medida la teoría del razonamiento probatorio se ha centrado en la epistemología jurídica del juzgador y la forma en que son presentadas las pruebas ante la autoridad jurisdiccional. Los cuestionamientos se centran en identificar si la tendencia está en la persuasión de los hechos hacia el juzgador o en la búsqueda de la verdad sobre el hecho, la forma en que se admiten las pruebas periciales y la manera en la que obtienen y valoran la información vertida por los expertos que presentan una prueba pericial.

Por último, las propuestas teóricas explicadas con anterioridad no tendrían sentido sin un puente que permita hacer las relaciones entre los diversos cuestionamientos hacia las pruebas periciales y en particular la prueba de genética forense y el papel de los derechos humanos en las propuestas teóricas mencionadas y su campo de estudio para abordar este tema dentro de la acreditación de los laboratorios de genética forense y su valoración como prueba pertinente.

La propuesta teórica se desarrollará en los siguientes apartados, antes, conviene mencionar el rumbo de la investigación relacionando esta propuesta teórica con la acreditación del laboratorio de genética forense. En primer lugar, respecto a la acreditación de los laboratorios forenses no ha sido sencillo ordenar un sistema de gestión de calidad, pues requiere de inversión económica para el

acondicionamiento de los espacios según los requerimientos de la norma, para la calibración de equipos y para la capacitación del personal. Ahora bien, el cambio de viejas prácticas a una forma de documentación estandarizada implica un esfuerzo por el personal para adoptarse a estas formas que establece la gestión de calidad, quienes manifiestan resistencia al cambio. La acreditación a pesar de que se muestra como un proceso de mejora y en aparente normalidad existen una serie de elementos que se deben tomar en cuenta, tales como la organización del laboratorio o su adecuación, el entrenamiento a las nuevas formas documentadas, la inversión económica de equipo e instrumentos esenciales, la gestión de la calidad y también la gestión de los riesgos, entre otras medidas.

En segundo lugar, en el proceso de acreditación las agencias acreditadoras juegan un papel relevante, ya que son los entes externos que respaldan el seguimiento de los laboratorios en los estándares y en la competencia técnica para emitir ciertos resultados; de tal suerte que la agencia acreditadora cumple un papel fundamental para entender el proceso de acreditación; lo que hace más interesante es entender cuál puede ser la tendencia de los laboratorios forenses que se están acreditando o que pretenden mantener la acreditación ¿continuar con las acreditadoras extranjeras o fortalecer las acreditadoras del país?

En tercer lugar, el uso de los resultados de un laboratorio forense acreditado por parte de los juzgadores presenta una serie de relaciones que es indispensable describir, tales como la forma en la que valoran estos resultados e identificar si el hecho de que los resultados tiene el respaldo de un laboratorio acreditado el juez valora con otros criterios la prueba o es un hecho irrelevante para la toma de decisiones judiciales. Existe la posibilidad de dos escenarios en la valoración de los resultados de un laboratorio acreditado; por un lado, el desconocimiento de lo que representa una acreditación y por otro lado la sobrevaloración de los resultados por tener este distintivo de calidad.

En cuarto lugar, todo lo anterior no tendría ningún sentido si no se identifica que la acreditación de los laboratorios, los resultados de calidad, la valoración de estos resultados y la tendencia de las agencias acreditadoras son avances para la

protección de los derechos humanos de los involucrados en un proceso penal, o por el contrario, existe la posibilidad de que este proceso de estandarización y acreditación pueda ampliar la brecha de desigualdad entre las partes procesales y los derechos humanos que a la larga se podrían ver afectados por el grado de especialización que requerirán las pruebas para ser valoradas.

Ahora bien, con el escenario planteado primeramente hay que distinguir que esta investigación se centra en el laboratorio de genética forense por las siguientes razones; la primera tiene que ver con que la genética forense es una de las ciencias forenses más desarrolladas y con buena reputación por el desarrollo científico y tecnológico que ha logrado; otra razón es debido a que las fiscalías del país se han centrado en acreditar este laboratorio por el grado de especialización con que ya cuenta y por último, se debe considerar que existe suficiente bibliografía sobre el tema de la genética forense lo cual ayuda a la investigación, aunque no así respecto a bibliografía de la acreditación y la genética forense, lo que hace pertinente el presente trabajo.

A continuación, el texto se organiza según las propuestas teóricas que ya se adelantaron, en primer lugar, se debe explicar el carácter de la prueba pericial en el sistema de justicia en México; después, desarrollar las propuestas teóricas de la ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y del razonamiento probatorio, las cuales de manera conjunta muestran un panorama de la prueba pericial en el sistema de justicia, pero desde un entendimiento crítico. Por último, la explicación del papel que juegan los derechos humanos en el sistema de justicia en relación con las pruebas periciales ofrecidas y bajo la mirada de las propuestas teóricas.

1.2. La prueba pericial y el sistema de justicia penal en México

En la década de los noventa en Latinoamérica las reformas a los sistemas de justicia evidentemente implicaron cambios en la dinámica organizativa y funcional del sistema, a su vez, estos cambios proponen mayor atención a elementos como la prueba y la investigación criminal en estructuras esenciales para la corroboración de los hechos delictivos. La prueba pericial en el sistema de justicia penal se vuelve

tanto esencial como controvertible, por esta razón se necesita describir al sistema de justicia penal para encontrar el sentido de la prueba pericial en este sistema. El sistema de justicia penal es un organismo jurídico que reacciona para contener los problemas que resultan de la criminalidad con la intención de mantener el orden social. Dentro de sus funciones procedimentales y judiciales debe sustentar los hechos criminales y resolver los conflictos con una adecuada investigación criminal. Este sistema establece en sus objetivos definidos en el Código Nacional de Procedimientos Penales (CDNPP) el esclarecimiento de los hechos, proteger al inocente, procurar que el culpable no quede impune y que se repare el daño, asegurar el acceso a la justicia y todo ello en un marco de protección a los derechos humanos⁶. Héctor Lara establece algunas finalidades del sistema de justicia penal tales como la estabilidad social, proteger los bienes jurídicos tutelados⁷ de las personas tales como: la vida, la libertad, el patrimonio entre otros. Incluso la misma Constitución establece el ejercicio del control social delegada al Estado por medio del monopolio de la seguridad pública y la seguridad política⁸.

Los hechos delictivos necesitan ser probados ante la autoridad competente, esta necesidad es fundamental para el sistema de justicia penal. Normativamente el derecho a probar se encuentra sustentado en la Convención Americana sobre Derechos Humanos⁹, en el artículo 8.2 inciso F, determina que el inculpado tiene derecho a que su defensa examine a los testigos presentes en el tribunal. Así como de obtener la comparecencia de testigos, peritos y otras personas que puedan arrojar luz sobre los hechos. En la Constitución Política Mexicana¹⁰ el artículo 20, apartado B, fracción IV y apartado C, fracción II dispone que son recibidas las pruebas pertinentes que ofrezcan las personas en su carácter de imputados, víctimas u ofendidos en coadyuvancia con el Ministerio Público, concediéndoles

⁶ MÉXICO: Código Nacional de Procedimientos Penales, Artículo 2.

⁷ LARA González, Héctor. "Etapas de los diversos sistemas de justicia penal: juicio oral", en *El Nuevo Sistema de Justicia Penal Acusatorio, desde la Perspectiva Constitucional*. Consejo de la Judicatura Federal Poder Judicial de la Federación, México, 2011, p. 315.

⁸ MÉXICO: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 17.

⁹ SAN JOSÉ DE COSTA RICA: Convención Americana sobre Derechos Humanos, Artículo 8.2 inciso F.

¹⁰ CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, *Op, Cit.*, Artículo 20.

tiempo legal para ello y auxiliándoles cuando así lo soliciten para hacerlas comparecer. Por último, el CNPP¹¹ establece que la prueba es el objeto, instrumento, método o persona que proporcione información de los hechos, cualquier hecho puede ser probado con cualquier medio siempre y cuando sea lícito.

El antecedente normativo recién expuesto reitera la necesidad de que la información pueda comprobar, corroborar, establecer o inferir en las posturas jurídicas de la acusación o la defensa en la trama penal respecto a la comisión de los hechos delictuosos. Esta información es introducida al proceso penal por medio de pruebas, dependiendo la etapa procesal y según el Código Nacional de Procedimientos Penales (CNPP) de México se le puede denominar: datos de prueba, medios de prueba y prueba. Para el fin de este apartado definiremos la prueba en términos generales en cualquier etapa procedimental y observando su utilización en forma más amplia.

René González¹² en el año 2004 refiere que la investigación criminal tiene un papel esencial en el ejercicio procedimental señalado, ya que es el instrumento técnico por el cual se presentan los posibles hechos para corroborar la participación de los sujetos procesales involucrados en un posible evento delictivo. Las instituciones que se encargan de esclarecer los actos ilícitos deben practicar diligencias necesarias y suficientes principalmente para comprobar el delito e identificar al culpable y la víctima. La investigación criminal se encuentra dentro de un marco legal apegado a las reglas procesales que miran en búsqueda de la información suficiente para aclarar los hechos. Para recabar la información suficiente, necesaria y dentro de un marco legal; los actores que participan tienen un grado de experiencia y especialización en distintos campos ya sea técnicos o científicos que van a auxiliar en las distintas explicaciones de los posibles hechos delictuosos, demostrando la participación de los sujetos procesales en dichos eventos, o en su caso demostrar la carencia de elementos que pueda vincularlos con los hechos señalados como delito.

¹¹ MÉXICO: Código Nacional de Procedimientos Penales, Artículo 259.

¹² GONZÁLEZ de la Vega, René *et al.* *La investigación criminal*, 3ª edición, México, Porrúa, 2004, p. 13.

Por su parte Lara¹³ ya para el año 2011 describe que existe un procedimiento formalizado para aquellas personas que han trasgredido el derecho penal y que irrumpieron en el ámbito de la estabilidad social violentando los bienes jurídicos tutelados, estos procedimientos formalizados son los modelos del procedimiento penal que pueden ser el inquisitivo mixto o el acusatorio adversarial. Para llevar a cualquier persona a que responda por estas acciones contrarias al derecho el modelo de procedimiento del sistema de justicia acusatorio y adversarial dicta las formas, es decir, los procedimientos para ejercer la potestad del Estado en la seguridad pública y jurídica.

Benavente¹⁴ manifiesta que el sistema de justicia penal utiliza medios probatorios para corroborar los hechos delictivos y una de las pruebas preferentes para llevar a cabo la investigación criminal es la prueba pericial, por los aportes en su información y el respaldo sólido en su esencia, incluso la prueba pericial con sustento científico cobra relevancia en un sistema de justicia penal de corte acusatorio y adversarial pues ha puesto la atención en la ciencia y la tecnología.

La admisión de la prueba está relacionada con la relevancia o pertinencia de las mismas pruebas, la prueba que pretende ser admisible debe cumplir el requisito mínimo de ser lícita según la propia constitución política del país¹⁵. La práctica de los elementos de prueba son la puesta en escena de la información acerca de los hechos, el principio de contradicción regula esta práctica porque las partes están en disposición de dar a conocer el uso de la prueba para los hechos a corroborar y después, ambas partes examinarán las pruebas para corroborar su información. Y por último, la valoración de las pruebas es el análisis de estas por parte del órgano jurisdiccional, en ese momento una vez que la pruebas son admitidas, han sido practicadas ahora deben ser valoradas para el sustento de las determinaciones judiciales.

¹³ LARA González, Héctor. *Op.cit.*, pp. 315-316.

¹⁴ BENAVENTE, Hesbert. *Estrategias para el desahogo de la prueba en el juicio oral*, México, Flores Editor y Distribuidor, 2010, p.140.

¹⁵ MÉXICO: Constitución política de los estados unidos mexicanos, 2020, artículo 20.

A diferencia de lo que ocurre en el sistema inquisitivo mixto donde la confesión tiene cierto valor probatorio, en el sistema acusatorio y adversarial la prueba pericial con sustento científico y tecnológico adquiere relevancia. Además, como bien manifiestan Baytelman y Duce¹⁶ la responsabilidad judicial durante el proceso y resultado penal por parte de los expertos y jueces, se encuentra contenido en la integridad de los especialistas, los métodos practicados y los resultados obtenidos, resaltando la relevancia de las pruebas con carácter científico. Todo lo anterior permitirá sustentar la información o las evidencias respecto a algún hecho, dicha información posteriormente será valorada y generará convicción al órgano decisor. Esto pretende conducir a un estado de certeza y seguridad en la investigación criminal, en el sistema de justicia penal y en la protección de los derechos humanos de los involucrados.

La prueba pericial con carácter científico pretende aportar pruebas confiables que generen seguridad jurídica a los involucrados dentro de un proceso penal para sustentar los hechos criminales. La investigación criminal debe aportar pruebas fehacientes en los casos judiciales; el uso de la ciencia y la tecnología forense ha hecho que las pruebas tengan una base respetable, incluso, la tendencia en la investigación criminal es implementar las innovaciones tecnológicas como garantes de sus resultados en la causa judicial.

De igual manera, debido al compromiso de la prueba pericial en ofrecer elementos confiables que aporten información relevante para cada una de las partes interesadas en proponer una explicación respecto a los hechos ocurridos y debatidos, es que los laboratorios de donde provienen dichas pruebas o los procesamientos que se realizan en un lugar de investigación y que después aportan muestras a los laboratorios, requieren cada vez más elementos que garanticen sus resultados. Es por ello que la tendencia en garantizar la calidad de los resultados de las pruebas periciales sea un interés por parte de las instituciones que ofrecen este tipo de servicios, y de esta manera entren en la dinámica y regulación

¹⁶BAYTELMAN Andrés y Mauricio DUCE. *Manual de Litigación en Juicios Orales*, Chile, Centro de Estudios de Justicia para las Américas (CEJA), 2004, p. 152.

internacional de las acreditaciones ya sea de los laboratorios forenses o los procesamientos de los lugares de investigación.

Bajo este planteamiento, las aportaciones de la ciencia y la tecnología sustentaran las pruebas en la investigación criminal para la comprobación de hechos; y los derechos humanos garantizaran la protección de derechos mínimos de las personas involucradas en las investigaciones criminales. En síntesis, el sistema de justicia penal tendría los elementos necesarios para brindar seguridad jurídica en las causas judiciales.

Sin embargo, a pesar del desarrollo de la prueba pericial en el contexto anterior, se presentan una serie de argumentos que colocan en un estado crítico a la prueba en el sistema de justicia penal. El desarrollo teórico de los estudios de la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS) y la teoría racional de la prueba (TRP) son quizá las dos posturas teóricas que mejor debaten ante el escenario antes descrito, ya que sus propuestas critican el desarrollo continuo del sistema de justicia penal y el buen uso de las pruebas periciales que auxiliaran sin contingencias al sistema de justicia. Por el contrario, detallan una serie de elementos que resultan relevantes para garantizar la protección de los derechos humanos de las personas. Ambas teorías son quizá una primera aproximación anqué no propiamente al tema de la acreditación de los laboratorios forenses, pero si en los avances que se han realizado en la prueba de genética forense y sus problemas probatorios.

Por un lado, los estudios de la CTS advierten las complicaciones de la interacción entre la investigación criminal y la investigación científica para generar pruebas en el proceso penal que no ha sido fácil, ahora, agregando la lente de los derechos humanos hace que esta interacción se complique. Algunos de estos escenarios complejos se han presentado dentro del proceso penal mostrando errores en la justicia debido a una mala investigación criminal, la exageración del testigo experto en las audiencias, la sobrevaloración de algunas pruebas, los altos grados de credibilidad en sus niveles de certeza, entre otros aspectos, esto ha hecho que la investigación criminal no resuelva los conflictos y que los derechos humanos se puedan ver comprometidos.

Por otro lado, la teoría racional de la prueba hace un análisis acerca del entendimiento de la prueba en el contexto judicial que abunda en las cuestiones medulares de la prueba dentro del sistema. Por ejemplo, detalla las connotaciones tan ambiguas que hay acerca de la prueba que Carmen Vázquez¹⁷ identifica cuando menos en cuatro elementos: como elemento de juicio, como práctica probatoria, como normatividad probatoria y el resultado probatorio. Siguiendo a la autora citada, establece que en términos generales conviene conocer los tres criterios para abordar el tema de la prueba: la admisión de todos los elementos de prueba pertinentes, la práctica de los elementos de prueba admitidos y, por último, que estos elementos de prueba admitidos y practicados ahora sean valorados por el juzgador¹⁸. Entonces, esta teoría identifica no solamente cuáles son las características fundamentales de la prueba para ser integrada dentro del juicio, también de manera crítica estudia algunos aspectos en la valoración de la prueba, los estándares probatorios y los procesos cognitivos, metodológicos y jurídicos para dar probados ciertos hechos con las pruebas disponibles.

Con la intención de indagar más respecto a la prueba pericial en el sistema de justicia penal es necesario acotar el trabajo de investigación a un tipo de prueba pericial y con una característica específica, para estos fines la prueba pericial de genética forense reúne estas características ya que es una prueba que pretende brindar seguridad técnica y científica en la protección de los derechos humanos. La prueba de genética forense surge de un laboratorio especializado, uno de los laboratorios más consolidados en los procesos de acreditación, además es una de las pruebas más utilizadas y que comúnmente le da soporte tanto a la investigación criminal como a las decisiones de los juzgadores que, sin embargo, puede presentar las discusiones adelantadas, escenarios complejos, sobrevaloración de la prueba, errores en la justicia y la vulneración de derechos humanos. De tal suerte que a continuación veremos estos avances y propuesta en las dos vertientes señaladas.

¹⁷ VÁZQUEZ, Carmen. *De la prueba científica a la prueba pericial*, Madrid, Marcial Pons, 2015, p. 10.

¹⁸ *Ídem*.

1.3. CTS y la investigación criminal

Los estudios de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS) según Sergio Sismondo¹⁹ vienen de un movimiento crítico de la ciencia después del uso de armas nucleares en el contexto de la segunda guerra mundial. En la década de 1970 surgió un grupo interesado en un campo interdisciplinario para comprender la ciencia y la tecnología como instituciones sociales dinámicas y problemáticas. Algunas temáticas esenciales de los estudios en CTS son la promoción de la ciencia desinteresada y las tecnologías que abarquen beneficios a la mayoría de la población.

Quizá para ingresar al terreno de la CTS sea necesario partir desde la filosofía de la ciencia a modo de explicar la conexión ciencia, tecnología y sociedad dentro de los propios intereses científicos, para ello podríamos decir que existen dos enfoques para el estudio de la ciencia: el positivismo lógico y el falsacionismo; y dos características que también lo definen, los realistas y el funcionalismo²⁰. Para los positivistas las teorías son la representación lógica de los datos. Las teorías se desarrollan por medio de un método que transforma el proceso inductivo de los hechos y datos individuales en afirmación o aclaraciones universales. Para los falsacionistas, los científicos se miden en un estándar en el que descartan teorías frente a los datos contrarios. Para Popper no existe un método que pueda crear las teorías científicas, sin embargo, si existe un método estricto para evaluar cualquier teoría. Para estos dos enfoques la particularidad de la ciencia son las relaciones formales entre teorías y datos, ya sea sobre datos empíricos o el rechazo racional de las teorías sobre estos datos empíricos. Para los realistas los buenos métodos son la base del progreso científico, donde la ciencia avanza hacia la verdad y acumula estas verdades en la medida que avanza. Para los funcionalistas las

¹⁹ SISMONDO, Sergio. *An Introduction to Science and Technology Studies*, 2ª edición, Singapore, Blackwell Publishing Ltd, 2010, p.10.

²⁰ *Ídem*.

normas son las reglas que rigen el comportamiento científico y la ciencia cumple una función social proporcionando dicho conocimiento.

Hecho un preámbulo histórico y conceptual del interés de la ciencia y la tecnología ahora conviene identificar el propósito de los estudios CTS. Para estos estudios Sergio Sismondo²¹ plantea que es relevante investigar cómo se construye el conocimiento científico y los artefactos tecnológicos desde el entendido de que ambos son productos humanos, por tanto, estudian cómo los científicos intentan construir estructuras y redes estables considerando que la ciencia y la tecnología son procesos que se encuentran activos y de la misma manera deben ser estudiados. Teniendo en cuenta que la ciencia y la tecnología son actividades sociales pues los científicos son miembros de comunidades científicas en las cuales han sido capacitados, conocen las prácticas de esa comunidad y, por lo tanto, estas comunidades establecen una forma de investigar o estándares que evalúan las formas en las que se presenta el conocimiento.

Edward Hackett²² ya para el 2008 advierte que la producción cambiante del conocimiento y la conexión entre la ciencia y la tecnología hace que abarque instituciones sociales como: el estado, la medicina, la industria y por supuesto el derecho; este vínculo entre el conocimiento y las instituciones recién mencionadas plantea una serie de apreciaciones a los problemas públicos que desde la ciencia y la tecnología se pueden presentar en relación al poder, la participación, la democracia y la gobernanza más apegada a las instituciones mencionadas, así mismo se evalúa el propio conocimiento científico en dichas instituciones, la aplicación de la tecnología y la experiencia de integrar estos aspectos en la vida diaria de las instituciones bajo estas problemáticas.

²¹ SISMONDO, Sergio. *Op.cit.*, p. 11.

²² HACKETT, Edward et. al. *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3ª edición, USA, The MIT Press, 2008, pp. 1-2.

Estas prácticas de producción del conocimiento desde la CTS se interesan en mostrar cómo se afianzan en dichas instituciones, vistas de forma cambiante y estable. Se vuelve preocupante debido a que la aplicación de la ciencia y la tecnología en las instituciones sociales que hacen uso del recurso que brinda la ciencia y la tecnología cambia y reformula maneras de aplicar el conocimiento, pero va más allá, pues abarca áreas como la democracia, la política y podríamos hablar incluso de la justicia. Lo anterior no como propuestas de estudio abstractas, sino como problemas de la ciencia y la tecnología en lugares concretos, con problemáticas concretas y con desafíos y limitaciones particulares.

Edward Hackett sostiene que la contribución de los estudios de la CTS para resolver los conflictos antes señalados, se encuentra en las estrategias para organizar y evaluar la evidencia, patrones de razonamiento a partir de principios de conducta correcta o procesos democráticos, formas de unir las lógicas de la ley, la política, la religión y el sentido común, y las ideas empíricas que podrían explicar las causas. Al proporcionar una perspectiva histórica, al tomar una variedad de puntos de vista sociales, al revelar las implicaciones sociales, políticas y éticas de la tecnología y la ciencia, la CTS despresuriza el discurso constante sobre los milagros tecno-científicos y da forma a las vías de desarrollo para la gestación de la ciencia activa.

Los estudios de CTS abarcan temas muy amplios porque la ciencia y la tecnología se encuentran inmersos en la mayoría de las actividades del ser humano, ahora bien, tomando el tema de la investigación criminal abordada desde los estudios de la CTS a partir de los años noventa diversos investigadores advirtieron problemáticas respecto a la interacción entre la investigación criminal y la investigación científica. Estas investigaciones de cierto modo cuentan con dos elementos que los identifican, el primero de ellos es que sus investigaciones se realizaron en el campo de la ciencia y la tecnología forense en interacción con los actores en estas áreas, en este caso los expertos o peritos. El segundo elemento es el tratamiento del error en las investigaciones forenses.

Primeramente, habría que resaltar la interacción de la ciencia, la tecnología y la sociedad en el contexto jurídico, para ello, Sheila Jasanoff en su texto *Science at the bar*²³ comienza a plantear las problemáticas que la ciencia enfrenta cuando interactúa con otras instituciones como son los tribunales judiciales; esta interacción se manifiesta porque las innovaciones tecnológicas y los cambios políticos inciden en el proceso judicial. Para establecer esta interacción la autora se desprende del entendimiento de la ciencia como un ente aislado que a partir de sus estudios puede brindar verdades sobre el mundo, más bien, la entiende como una institución dinámica en relación con otras instituciones que pueden crear un orden social e incluso epistemológico en la comprensión de las sociedades modernas.

La relación entre la ciencia y los tribunales se caracteriza por una descripción en términos binarios, es decir, mientras la ciencia busca la verdad la ley hace justicia, en donde la ciencia es descriptiva la ley es prescriptiva, cuando la ciencia pone énfasis en el progreso y la ley en el proceso²⁴. A pesar de tener distintos objetivos, la relación institucional pone de manifiesto varias características sustantivas que al final influyen en esta comprensión social que se puede enmarcar en la solución de una *Litis* en determinado caso.

Esta relación entre la ciencia y la ley tiene una doble implicación, por un lado, además de resolver los problemas de litigio mencionados, también la solución de la controversia legal en el ejercicio de ambas instituciones crean y mantiene una comprensión pública de la ciencia y la tecnología en el uso de carácter legal, es decir, además de disipar las controversias técnicas, científicas y jurídicas que presenta un litigio, también influye en la comprensión pública de la vida social el desarrollo de estas controversias, el uso de la ciencia, la tecnología en la disputa legal. De allí que la comprensión de la ciencia y la tecnología este mediada por la solución de controversias que determinan situaciones de personas en particular con efectos en general, lo que Jassanof bien determina como un despliegue en el proceso legal. La cultura de la ley y la ciencia se constituyen mutuamente, en

²³ JASANOFF, Sheila. *Science at the bar. Law, Science and Technology in America*, USA, Twentieth Century Fund, 1997, pp. 1-23.

²⁴ *Ídem*.

conjunto producen el conocimiento social y científico al que tenemos acceso y con el que comprendemos el uso de los objetos tecnológicos y el entendimiento científico.

Partiendo de la relación entre la ciencia y la ley valdría la pena retomar el argumento que Jasanoff planteó respecto a el posicionamiento de la ciencia no como un ente aislado sino más bien dinámico y en constante interacción, está visión de la ciencia como un ente con resultados acabados, que llevados de forma secuencial y siguiendo al píe de la letra las indicaciones se llegará a los resultados esperados y sin contratiempos. Pero, esta presentación de la ciencia ha creado una conceptualización únicamente racional, lo que para Michael Lynch²⁵ podría ser un problema porque se conoce una parte de la ciencia sin tomar en cuenta cómo se conforma la ciencia para llegar a los resultados racionales.

Entonces, la racionalidad científica para Lynch es la que comúnmente se conoce y representa ante la imagen de pureza, es decir, cuando se piensa en un laboratorio inmediatamente aparece la imagen de un lugar aséptico, limpio y donde pareciera que no ocurre nada contingente, de igual forma, cuando se piensa en el sujeto científico que trabaja en ese laboratorio se piensa que porta una bata blanca y tiene en sus manos una tabla donde únicamente registra las regularidades o que se cumpla de manera consecutiva su lista de revisión. Para Lynch en la práctica cotidiana dentro del laboratorio y haciendo uso de la ciencia no sucede como la representación anterior. El autor por medio de estudios etnográficos y etnometodológicos advierte que en los laboratorios se desarrollan una serie de prácticas que distan mucho de la imagen anterior, en lo cotidiano el sujeto científico le da sentido a la ciencia por medio de expresiones contextuales que atienden según lo acontecido, se presentan improvisaciones resultado de eventos que necesitan ser atendidos y que salen de la norma, esto último relacionado a prácticas alternas que se ejecutan con los instrumentos y equipos para resolver las improvisaciones, casos contextuales entre otros.

²⁵ LYNCH, Michel, *Scientific Practice and Ordinary Action: Ethnomethodology and Social Studies of Science*, Cambridge University Press, USA, 1993, Pp. 309-319.

Se tiene una representación de la ciencia como una serie de pasos infalibles que indiscutiblemente nos llevara a los resultados esperados, debido a que en lo cotidiano se conoce la información pura de los resultados en la ciencia, apreciándose con un orden en la construcción de sus resultados y se disuelven las prácticas rutinarias que Michael Lynch bien define, las cuales no son contempladas en los resultados de la ciencia²⁶. Por lo anterior, en el plano que se presenta la ciencia es rara la ocasión que muestra los errores a los que se enfrentó, las desviaciones para resolver problemas específicos y las contingencias²⁷. En un sentido donde pueden ocurrir hechos que se salen de lo cotidiano, la ciencia se enfrenta a estos hechos contingentes más allá de la regularidad con la que se puede presentar.

Ahora bien, cuando surge el error en alguna investigación lo que hace el grupo de expertos es lo que Simon Cole identifica como un cierre científico²⁸, es decir, el error se le asigna al sujeto para dejar intacta la técnica y la ciencia. El autor describe que este cierre científico se ejerce para construir una credibilidad científica, utilizando como ejemplo el caso de los identificadores de huellas dactilares en Estados Unidos, esta comunidad de examinadores despliega una práctica científica que el autor define como una visión compartida, la cual permite que los examinadores expertos en huellas dactilares vean lo mismo y sobre todo construyan una credibilidad de la ciencia que están utilizando en el terreno científico legal y su experiencia en los proceso penales.

²⁶ LYNCH, Michel. *Op.cit.*, Pp. 309-319. .

²⁷ Esta última entendida como lo contrario a lo necesario, cuando una situación no es ni imposible ni necesaria. El término está influenciado por la teoría Luhmann, que es la indicación para un “ser que puede no ser” y que puede ser de otro modo dependiendo de la selección. Localizado en MASCAREÑO, Aldo. “Ética de la contingencia por medio del derecho reflexivo”. (Documento web), 2011, revisado el 08 de septiembre de 2019, disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Aldo_Mascareno/publication/264971538_Mascareno_A_2011_Etica_de_la_contingencia_por_medio_del_derecho_reflexivo_En_J_Torres_y_D_Rodriguez_eds_La_sociedad_como_pasion_Mexico_DF_Iberoamericana/links/55902e0308ae15962d8c42e2/Mascareno-A-2011-Etica-de-la-contingencia-por-medio-del-derecho-reflexivo-En-J-Torres-y-D-Rodriguez-eds-La-sociedad-como-pasion-Mexico-DF-Iberoamericana.pdf.

²⁸ COLE, Simon. “Witnessing Identification: Latent Fingerprinting Evidence and Expert Knowledge”, en: *Social Studies of Science*, 28 (5-6), 1998, pp. 687-712.

El cierre científico por medio de la visión compartida adquiere sentido porque funciona en consonancia con un disciplinamiento en las observaciones del jurado en el caso de Estados Unidos, que se pueden comparar con el disciplinamiento en las observaciones de un tribunal de enjuiciamiento. Por medio de la explicación que los examinadores de las huellas dactilares hacen de los elementos visuales, exponen una huella dubitada o puesta en duda, encontrada en un lugar relacionado a una investigación, frente a una huella indubitada o conocida de algún sospechoso bajo investigación, el experto puede identificar si la huella dubitada es del mismo origen a la huella conocida, ésta práctica en la identificación de dos muestras de huellas dactilares y después una identificación de ellas por medio de un testimonio experto, habla del disciplinamiento en la mirada del órgano juzgador para que pudiese ver aquella identificación en esa serie de manchas, esta explicación de manera constante logró hacer ver lo que antes no se había conocido en el ámbito forense, es decir, una identificación visual de elementos dactilares.

Si se pudiera remontar a las primeras identificaciones por huellas dactilares y se pudiera dejar un momento de lado el conocimiento que tenemos acerca de las huellas dactilares, se podría ver una imagen donde el jurado o un juez al momento de que el experto hiciera la identificación únicamente se verían manchas, rayas y claro oscuros, habría que pensar en lo difícil que fue determinar una identificación, habría que imaginar cómo el jurado y los jueces lograron en esos primeros momentos dar por probados los hechos con estos elementos, cómo vincular esta serie de manchas con la identidad de un sujeto y con un lugar específico de investigación. Ahora, cuando se habla de una identificación forense por indicios dactiloscópicos, en nuestro conocimiento habitual se da por hecho debido al bagaje que contamos acerca de este tipo de identificación.

El cierre científico también opera cuando surge un caso que pudiera dañar la reputación de la comunidad científica de los examinadores de huellas dactilares, Simon Cole²⁹ expresa que la comunidad de expertos le atribuye el error al sujeto

²⁹ COLE, Simon. "Witnessing Identification: Latent Fingerprinting Evidence and Expert Knowledge", *op. cit.* pp. 687-712.

examinador ya sea por incompetencia, falta de experiencia e incluso mala fe, de esta manera la credibilidad de la técnica en la identificación de indicios dactilares queda intacta y poco probable que se le cuestione. Lo anterior ha dejado de lado cuestionamientos controvertidos como la interpretación subjetiva para la identificación de este tipo de indicios dactiloscópicos.

Igualmente, teniendo presente el disciplinamiento antes descrito para hacer una identificación un rasgo parecido ocurre en la identificación de ADN, Sheila Jasanoff³⁰ plantea la construcción visual de la identificación por medio de un monopolio de la visión, que ocurre en el contexto judicial donde es necesaria la visualización para darle credibilidad a la evidencia científica que se expone en juicio. Lo anterior sucede porque cuando el experto presenta la evidencia que ha pasado por un laboratorio forense, como es el caso de las muestras de ADN, la experiencia de ver y la capacidad de explicar lo que el experto ve e interpreta conduce al monopolio de la visión porque el experto conduce por medio de lo que su experiencia visual interpreta. Cuando el experto muestra una evidencia pasada por un análisis de laboratorio la experiencia de ver y explicar lo que el experto ve y hacer que todos puedan ver lo que el experto quiere es lo que se vuelve controversial.

En estos casos el experto va llevando de manera secuencial para decir lo que él quiere bajo el amparo de su experiencia, por medio de instrumentos, equipo especializado y una metodología sofisticada, por lo tanto, cómo se podría refutar algo con lo que no se puede entablar un diálogo o una correspondencia visual diferente o contrapuesta, si no se tiene la misma especialización y conocimiento técnico y científico.

Otra forma de tratar el error según Jasanoff³¹ es neutralizándolo por medio del monopolio del conocimiento, esto ocurre debido a que el experto tiene el control y manejo de los artefactos e instrumentos para realizar su ciencia, cuando puede ser interpelado en un juicio, difícilmente podrá cuestionársele pues es un conocimiento

³⁰ JASANOFF, Sheila, "The Eye of Everyman: Witnessing DNA in the Simpson Trial", en *Social Studies of Science*, 28 (5-6), 1998, pp.713-740.

³¹ *Ídem*.

muy especializado e interpretado a través de estos instrumentos, resulta complicado poner en duda el conocimiento del testigo experto quien tiene el monopolio de la visión y del conocimiento especializado, esto hace que se complique la identificación del posible error.

Entonces, una racionalidad científica incontrovertible, un cierre científico en la práctica y un monopolio de la visión incuestionable, marca la pauta de lo que los estudios en CTS se centran en estudiar, la relación ciencia, tecnología y controversias sociales de la propia ciencia, en este caso en relación a la investigación criminal.

Se aprecia que la interacción de la ciencia y tecnología con los actores que la utilizan irremediamente deben conciliar con el error, pero según Adam Craig³² también el uso de la tecnología forense puede sacar a la luz errores judiciales y errores de la misma ciencia forense como veremos con la tecnología del ADN. Con la implementación de la tecnología forense del ADN en las investigaciones criminales se advirtieron diversos errores en la justicia. Esta tecnología forense permitió hacer exámenes jurídicos a condenas pasadas donde se demostró la inocencia del acusado. Estos exámenes jurídicos además de demostrar los errores en la justicia, cuestionaron otras pruebas científicas donde su interpretación se demostró fue errónea o hubo una opinión exagerada del testigo experto, de allí que la ciencia forense entró a escrutinio de sus fundamentos por la comunidad científica y legal.

Los errores antes advertidos dieron pauta para el surgimiento de proyectos que se centraron en la revisión de exoneraciones utilizando la genética forense y la prueba de ADN. Craig³³ expone algunos ejemplos; en 1992 en Estados Unidos surgió el proyecto inocencia como una organización legal no lucrativa, que realizaba estudios y trabajos para la exoneración de casos con probabilidad de haber sido

³² CRAIG, Adam. *Forensic Evidence in Court. Evaluation and Scientific Opinion*, United Kingdom, Wiley, 2016, pp. 16-38.

³³ *Íbidem.*, Pp. 20-39.

condenados injustamente, el requisito central es que se cuente con evidencia de ADN para promover la exoneración. En 1995 en el Reino Unido se crea la Comisión de Revisión de Casos Penales encargada de advertir posibles errores judiciales para presentarlos ante el tribunal de apelación. En 2012, la Facultad de Derecho de la Universidad de Michigan estableció el Registro Nacional de Exoneraciones que proporciona una base de datos de todas las condenas injustas en los Estados Unidos. Estos son algunos ejemplos de cómo la ciencia y la tecnología especialmente en la prueba de ADN o genética forense pudieron aportar cambios en la forma de investigar el fenómeno criminal, tanto para las víctimas o los involucrados en un proceso judicial como para aquellos que injustamente pudieron haber sido condenados y se demuestra su inocencia con esta prueba.

Lo anterior son algunos de los dilemas que hay respecto a la ciencia y la tecnología en relación a los resultados de las pruebas periciales, hay que tener presente qué ocurre respecto a la valoración de estas pruebas, por lo que a continuación se presenta una introducción al razonamiento probatorio que nos permita entender algunos cuestionamientos entre las pruebas periciales y su práctica en el razonamiento probatorio.

1.4. El razonamiento probatorio y la prueba pericial

La teoría del razonamiento probatorio básicamente se centra en la posibilidad de que las partes en un procedimiento judicial sustenten sus afirmaciones o explicaciones de los hechos que pretenden demostrar por medio de pruebas; en palabras de Taruffo “La prueba es el instrumento que utilizan las partes desde hace siglos para demostrar la veracidad de sus afirmaciones, y del cual se sirve el juez para decidir respecto a la verdad o falsedad de los enunciados fácticos”³⁴. Las pruebas más comunes que se presentan en un proceso penal son: las testimoniales, las documentales y las periciales. Ahora bien, la prueba pericial descrita por el

³⁴ TARUFFO, Michele. “La Prueba, Artículos y Conferencias” (Documento web), 2012, revisado el 16 de agosto de 2027, disponible en: <https://letrujil.files.wordpress.com/2012/01/la-prueba-michele-taruffo.pdf>.

CNPP³⁵ tiene la particularidad que es necesaria o conveniente para realizar un estudio de personas, hechos, objetos o circunstancias, porque para ello se debe poseer un conocimiento especial en alguna ciencia, arte, técnica u oficio.

La fuerza de la prueba pericial de acuerdo con Carmen Vázquez³⁶ radica en el tipo de información que en la práctica se introduce al proceso judicial, el uso de esta información apoya las pretensiones fácticas que las partes utilizan. Quien vierte esta información es un experto en cierta materia y que para los hechos es relevante su aportación, la cual, no se caracteriza exclusivamente porque tiene el acceso a la información o las habilidades para interpretarla, también, esta información tiene la fuerza porque se usa adecuadamente por un experto.

En la teoría racional de la prueba o razonamiento probatorio, la prueba utilizada en el derecho a juicio de Jordi Ferrer³⁷ debe entenderse bajo dos concepciones básicas, la primera, hace alusión a que el proceso judicial se acerca a verdades aproximadas en parte porque la información que se tiene para el proceso siempre va ser deficiente por su fiabilidad y por su estado incompleto, debido a esto hace que se presenten en un estado de incertidumbre. La segunda alusión tiene que ver con la regulación de la actividad probatoria.

A pesar de que probar nos lleva directamente a la demostración de la verdad de una proposición que ha sido afirmada, sin embargo, en el campo jurídico tiene la particularidad de que no puede realizarse la búsqueda pura de la verdad y más bien hay procedimientos de fijación formal. En este sentido la verdad material se encuentra limitada, entonces ya no es una búsqueda de la verdad material sino de un proceso conocido como la fijación formal de los hechos. Sin embargo, para Ferrer las decisiones judiciales sobre cualquier hecho probado se presentan bajo estados de incertidumbre, lo que hace que no pueda llegar aun conocimiento cierto sobre

³⁵ MÉXICO: Código Nacional de Procedimientos Penales, artículo 368.

³⁶ VAZQUEZ, Carmen. *De la prueba científica a la prueba pericial*, *op.cit.*, p. 38.

³⁷ FERRER Beltrán, Jordi. *La valoración racional de la prueba*, Madrid, Marcial Pons, 2007, p. 24.

los hechos que se declaran, considerando la presencia de los estados de incertidumbre³⁸.

Entonces, la carencia de fiabilidad en los elementos que pretenden probar los hechos que intentan ser incorporados en un proceso judicial por los medios idóneos y la imposibilidad fáctica de contar con la totalidad de estos elementos para corroborar los hechos controvertidos, no es posible alcanzar la certeza del conocimiento de forma total sobre los hechos. De esta manera por medio del conjunto de pruebas que se tienen para determinado caso permite únicamente valorar y decidir jurídicamente en grados de confirmación o de probabilidad de que una proposición sea la verdadera judicialmente. A diferencia de la verdad, la prueba y la probabilidad son graduales, por eso mismo se habla de una prueba suficiente, esto es, el estándar necesario para superar la presunción de inocencia como principio procesal.

Los estados de incertidumbre se encuentran influenciados por: la carencia de fiabilidad en los elementos que pretenden probar los hechos y la carencia de contar con la totalidad de dichos elementos para comprobar los hechos y un tercer elemento que Ferrer lo anuncia en su trabajo y que se incorpora a este estado de incertidumbre tiene que ver con las limitaciones temporales, las controversias tiene plazos que se deben cumplir, la dilación del proceso es ausencia del efectivo ejercicio judicial. Estos tres elementos presentan los estados de incertidumbre sobre los que el juzgador debe tomar decisiones y bajo estas circunstancias asegurar el funcionamiento del sistema de justicia a pesar de ellos.

En lo concerniente a la investigación criminal y la valoración de las pruebas en el sistema de justicia penal Carmen Vázquez³⁹ es un referente indiscutible, la autora propone que para la toma de decisiones sobre ciertos hechos se ha auxiliado de las pruebas aportadas por el conocimiento experto. El juez debe evaluar los conocimientos que aportan los testigos expertos y cómo llega a ese razonamiento,

³⁸ FERRER Beltrán, Jordi. *La valoración racional de la prueba*, *Op.cit.*, p. 24

³⁹ VÁZQUEZ, Carmen, *De la prueba científica a la prueba pericial*, *op.cit.*, pp.25-48.

estos han sido los cuestionamientos que normalmente se discuten. Sin embargo, las problemáticas desde la epistemología de las pruebas periciales han quedado de lado, el enfoque no es exclusivo en quien es un experto y la calidad del conocimiento del experto sino más bien en cómo el juez aprende del experto. Existen una serie de problemas y soluciones respecto a la admisión, práctica y valoración de la prueba, por otro lado, la discusión epistemológica en la valoración de la prueba se ha resumido en un listado de criterios; pero falta analizar cuándo y qué es relevante.

El abordaje epistemológico que define la autora ha marcado un giro en la valoración de la prueba pericial, ya no se enfoca únicamente en el perito ahora presta atención a las afirmaciones periciales. Otra discusión es la crítica a la cientificidad de las pruebas garante de su fiabilidad, cuando la cientificidad y la fiabilidad tienen características particulares. El criterio de cientificidad nos lleva al problema de la demarcación de lo que es científico y lo que no; la epistemología le dio bases a la autora para encontrar que el problema está en la justificación del conocimiento.

Siguiendo este enfoque en la valoración de la prueba desde el ámbito epistemológico, Larry Laudan⁴⁰ es un referente en el tema, sus estudios en el ámbito de la doctrina procesal se han limitado a dar cuenta de las reglas sobre la prueba propias de cada ordenamiento, mientras que la filosofía del derecho ha caminado de espaldas a los problemas probatorios. La concepción dominante de la prueba ha sido la psicologista o persuasiva. Sus características principales son las siguientes: a) sostiene que el objetivo fundamental de la prueba es producir el convencimiento del juzgador; b) defiende una concepción fuerte y excluyente del principio de inmediación, de modo que nadie que no haya tenido acceso inmediato a las pruebas puede valorarlas o revisar su valoración; c) limita las exigencias de motivación de las resoluciones judiciales a los aspectos propiamente jurídicos, no fácticos y del

⁴⁰ LAUDAN, Larry. *Verdad, Error y proceso penal. Un ensayo sobre epistemología jurídica*, trad. De Carmen Vázquez y Edgar Aguilera, Madrid, Marcial Pons, 2013, pp. 22-41.

razonamiento y d) excluye la posibilidad de controles sobre la corrección del razonamiento probatorio en sede de recursos.

La teoría racional de la prueba, sostiene en cambio que el objetivo fundamental de la prueba en el proceso no puede ser otro que la averiguación de la verdad. Dicho de otro modo, no hay en esta concepción una diferencia fundamental entre el razonamiento sobre los hechos que se produce en el marco de una decisión judicial y el que se da en cualquier otro ámbito de la experiencia, incluida la ciencia. La prueba jurídica no es distinta de la prueba en física, en medicina, en biología o en paleontología. Lo son, sí, sus reglas de admisión y de exclusión de pruebas, pero si estamos en un sistema de libre valoración de la prueba, decir que una hipótesis ha alcanzado un nivel de corroboración suficiente para considerarla probada significa lo mismo, y exige metodológicamente lo mismo, en cualquiera de esas disciplinas.

Laudan sitúa la necesidad de formular estándares de prueba para que la decisión sobre los hechos en el proceso penal pueda ser sometida a control racional. Analiza críticamente de forma muy eficaz el pretendido estándar del más allá de toda duda razonable y presenta qué elementos deberíamos tomar en consideración a la hora de formular un estándar. Y es aquí donde su análisis es más original en el contexto del debate jurídico: la posibilidad de errores en la determinación de los hechos no eliminables; se pueden reducir los errores, pero no eliminarlos completamente.

Continuando con el razonamiento probatorio el libro de Anderson *et.al.*⁴¹ establece categorías como el razonamiento inferencial, el análisis y la valoración de la prueba que son necesarios para enfrentar los problemas del diario vivir, estas habilidades no han formado parte de un entrenamiento profesional, probablemente porque son percibidas como parte del sentido común. Las habilidades para organizar, analizar, construir y criticar la prueba son habilidades intelectuales que se pueden enseñar en las facultades de derecho. El libro propone enseñar una

⁴¹ ANDERSON, Terence. *et al. Análisis de la prueba*, trad. De Flavia Carbonell y Claudio Agüero, Madrid, Marcial Pons, 2015, pp. 13-21.

metodología para el análisis de datos que se presentan en un juicio, pretende enseñar a organizar el complejo mundo de datos que las pruebas pueden ofrecer y cómo las inferencias de esos datos pueden apoyar u oponerse a la proposición final de la prueba. Los autores introducen los términos de estándares de decisión, haciendo distinción con los estándares en el ejercicio de discreción de los decisores, el estándar que define la carga de la prueba y los estándares diseñados para definir los límites de la discreción.

Continuando con los autores recién citados, quienes estudian la probabilidad en contextos jurídicos, su peso y fuerza probatoria. El debate se centra en saber si la teoría de la probabilidad puede ser usada en la mayoría de la evaluación de las pruebas. La evaluación de probabilidades tiene un rol importante como auxiliar para tomar decisiones en el juicio. La prueba está siendo cada vez más reconocida como una materia multidisciplinaria, así como otras disciplinas tiene mucho que aprender de la prueba en el Derecho, los abogados tienen que aprender a considerar características de la prueba que se entrecruzan con otras disciplinas, tanto en contextos jurídicos como no jurídicos.

Con estas premisas Ubertis⁴² se centra en la importancia de la reconstrucción del hecho basada en una verdad judicial, en esta reconstrucción no se confrontan hechos reales, pues sabemos que un hecho delictivo es un hecho pasado, por lo anterior, se confrontan narraciones de los hechos por las partes, es decir, por quien acusa al imputado y quien lo defiende. El autor italiano traza la importancia de los argumentos en los temas de la prueba y la dialéctica; la forma en que se presenta una prueba es por medio de una concepción dialéctica entre las partes procesales. Siendo así, la reconstrucción se basa en las enunciaciones descriptivas del hecho que entran en diálogo y son contrapuestas con las tesis en contradicción entre las partes, de este debate el juzgador valorará una oportuna reconstrucción⁴³.

Las enunciaciones descriptivas son narraciones de los hechos aportados por las partes, tanto la fiscalía como la defensa enuncian su posición respecto al hecho y

⁴² UBERTIS, Giulio. *Elementos de epistemología del proceso judicial*, Madrid, Trotta, 2017, pp. 10-25.

⁴³ *Ídem*.

la presentan ante el tribunal de juicio, es por ello que entran en diálogo, esto es, no se puede poner ante el juez todas y cada una de las evidencias relacionadas a un hecho, lo que sí se puede hacer es un ejercicio dialéctico bajo el escrutinio normativo que introduzca por medio de pruebas las evidencias señaladas bajo la narrativa particular de las partes.

Al juez le interesa el ejercicio dialéctico antes mencionado pues con esos elementos podrá valorar las pruebas que le permitirán reconstruir el hecho delictivo. La controversia argumentativa posibilita que los términos aparentemente objetivos de la ciencia sean expresados atendiendo al mundo humano. El juzgador cuenta con dos instrumentos cognoscitivos: las máximas de la experiencia y las leyes científicas; los cuales le auxilian para valorar las pruebas aportadas en la reconstrucción del hecho.

Por un lado, las máximas de la experiencia son enunciaciones generadas a partir de observaciones de sucesos pasados, como ilaciones hipotéticas de eventos con similares características que se presentan en el caso de observancia. Funcionan como instrumentos gnoseológicos de estructuras argumentativas. Por otro lado, las leyes científicas son el conocimiento general del estado de las cosas que se comparan con los casos empíricos; no pueden ser construidas o representadas por las interpretaciones del juzgador como sucede con las máximas de la experiencia. Según Ubertis las leyes científicas son independientes del caso concreto⁴⁴. Con ayuda de estos instrumentos cognoscitivos, el juzgador llega a una conclusión probatoria, el autor italiano define este momento como el juicio asertivo de conclusividad; es aquí donde la valoración de las pruebas se sustenta en la idoneidad y la suficiencia en una combinación no solamente técnica y jurídica también cognoscitiva e incluso política.

⁴⁴ UBERTIS, Giulio. *Op.cit.*,pp.77.

Entonces, la prueba judicial se debe entender ahora en palabras de González Lagier ⁴⁵ en un método de conocimiento y al mismo tiempo de justificación. A partir de tres momentos distintos por los que debe pasar el proceso de prueba: el primero es la selección de los hechos probatorios, el segundo son las inferencias que se hacen de estos hechos probatorios y que se presentan como hipótesis y, por último, el momento en que la autoridad competente toma la decisión de tener en cuenta los hechos que manifiesta están probados.

Por lo anterior, y siguiendo al autor el enlace que debe existir entre lo que se presenta como inferencias probatorias con la determinación del juzgador son los principios ya comentados de las máximas de la experiencia, estas son inferencias probatorias epistémicas, que ocupan como bien señala el autor un lugar central, para después dar paso a las inferencias normativas primero se debieron establecer las inferencias epistémicas, estas son la constatación de los hechos.

Como se puede ver, la decisión acerca del conocimiento de los hechos debe estar justificada en las pruebas presentadas, Ruiz Jaramillo⁴⁶ plantea que la valoración no debe limitarse a un soliloquio del juez con su reducido conocimiento de la vida, sino que él requiere de una experimentación previa en el contexto procesal en el que la prueba pericial se somete a juicios de admisibilidad, a los interrogatorios en su práctica y otras actuaciones que le ayuden a establecer signos de fiabilidad sobre el perito y su conocimiento.

Por otro lado, Correa⁴⁷ pretende aclarar los conocimientos científicamente afianzados, de las máximas de la experiencia y de los principios de la lógica, en el contexto de la valoración de la prueba conforme a la sana crítica. El autor realiza un

⁴⁵ GONZÁLEZ Lagier, Daniel. “Tres modos de razonar sobre hechos (y algunos problemas sobre la prueba judicial planteados a partir de ellos)”, en Carmen, Vázquez (ed.), Hechos y razonamiento probatorio, México, CEJI, 2018, pp.17-19.

⁴⁶ RUIZ Jaramillo, Luis Bernardo. “La prueba pericial y su valoración en el proceso penal colombiano, hacia un régimen procesal holístico”. (Documento web), revisado el 6 de abril de 2018, disponible en: <http://ucsj.redalyc.org/articulo.oa?id=151445901007>.

⁴⁷ OLOMA Correa, Rodrigo y San Juan Claudio, AGÜERO. “Lógica, ciencia y experiencia en la valoración de la prueba”. (Documento web). 2014, revisado el 12 de abril de 2018, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=177032561011>.

ejercicio de depuración conceptual. Los principios de la lógica sirven para resolver problemas lingüístico interpretativos; y por otro lado, que los conocimientos científicamente afianzados y las máximas de la experiencia sean utilizados para satisfacer requerimientos epistémico culturales. Aborda los temas de jerarquización y de coordinación entre generalizaciones extraíbles desde la lógica, la ciencia y la experiencia.

Por último, Rodrigo Vargas⁴⁸ muestra cómo los adelantos de la ciencia tienen incidencia en el ámbito del proceso, particularmente en relación con los enunciados fácticos cuya demostración se busca. Su trabajo desarrolla e incorpora el avance de la genética en la identificación humana; muestra adelantos y su utilización en el proceso. Plantea si el juez, en el contexto del proceso, puede o no apartarse del resultado emitido por el perito científico, y se buscará determinar si esa prueba derrota cualquier otra posibilidad de acudir a otro medio probatorio, de manera particular, delimitando su análisis a la esfera del proceso penal.

Como se puede advertir, la admisibilidad, práctica y valoración de la prueba son elementos necesarios para la justificación de los hechos probatorios. El razonamiento probatorio permite comprender el peso probatorio que cada prueba tiene para la comprobación de estos hechos y la toma de decisiones. Por eso, para entender el uso de la prueba pericial de forma general y después el uso de la prueba de genética forense de manera particular es necesario conocer el camino que el razonamiento probatorio plantea dentro del sistema de justicia penal.

1.5. Los derechos humanos y la prueba pericial

Si bien es cierto que la acreditación del laboratorio de genética forense ha impulsado que los resultados presentados como pruebas dentro de un juicio penal tengan un

⁴⁸ VARGAS Ávila, Rodrigo. "La valoración de la prueba científica de ADN en el proceso penal. Prolegómenos. Derechos y Valores. (Documento web), revisado el 5 de junio de 2018, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87617271008>.

distintivo de calidad debido al respaldo de dicha acreditación, y que al momento de ser valorados por un tribunal con estos resultados tenga más elementos para lograr la suficiencia probatoria requerida y dictar una sentencia. En la toma de decisiones se presentan y verifican que todos los actos de investigación realizados para comprobar hechos y enunciados proposicionales de las partes respecto a su teoría cumplan la debida atención hacia los derechos humanos.

A partir de la reforma del 2011 en derechos humanos en nuestro país, convoca a todas las autoridades en ejercicio de sus funciones se apeguen a la normativa alusiva a los derechos humanos respecto a las personas, en los casos penales a los sujetos procesales. Es así, por poner un ejemplo que en un proceso penal se pone atención a la prueba ilícita que se pudiera controvertir en dicho proceso; de aquí la importancia de los derechos humanos en el proceso judicial; por tal motivo, a continuación, se plantean una serie de elementos generales acerca de la trascendencia de los derechos humanos en el sistema de justicia penal.

El impacto que ha tenido los derechos humanos en el sistema de justicia penal es indiscutible, Roberts y Hunter⁴⁹ en su obra hacen un análisis jurídico comparado en los avances relacionados con los derechos humanos en diversas legislaciones penales de los cinco continentes; los autores muestran la compleja intersección entre los derechos humanos y la evidencia criminal en los procedimientos penales. La legislación, la jurisprudencia y los principios en materia de derechos humanos están transformando las pruebas y los procedimientos penales en todo el mundo del derecho consuetudinario. Los argumentos y principios de los derechos humanos en los litigios criminales de rutina es uno de los acontecimientos jurisprudenciales más significativos que afectan la adjudicación del derecho común durante muchas décadas. La exploración de las diversas dimensiones epistemológicas de la evidencia y la prueba relacionadas con los derechos procesales; cuando menos algunos de estos derechos de procedimiento penal tradicionales son también "derechos humanos", pero hay una divergencia

⁴⁹ ROBERTS Paul y Hunter, JILL (ed). *Criminal evidence and human rights. Reimagining common law procedural traditions*, Great Britain, Hart, 2012, pp. 41-64.

significativa en el lenguaje, conceptos, alcances y justificaciones que puede generar confusiones al hacer las respectivas comparativas entre los procedimientos penales locales y los derechos humanos.

Los autores muestran la experiencia en países donde la influencia de los derechos humanos creó un marco legal constitucional para el buen desarrollo del procedimiento penal. Se implementaron una serie de derechos procesales basados en los principios de los derechos humanos tales como: la presunción de inocencia, las facilidades para una defensa adecuada, el acceso a muestras físicas, etc.; a partir de esto, los países adoptaron medidas para implementar estos principios, una de estas medidas es la interpretación progresivamente en pro de los derechos humanos. Sin embargo, los tribunales no siempre han logrado traducir los principios de interpretación constitucional basados en los derechos humanos en resoluciones progresivas en pro de los derechos humanos sobre el alcance de determinados derechos procesales. Esto genera incertidumbre en el desarrollo e interpretación de los derechos procesales y la interpretación de los derechos humanos.

El tema de los derechos humanos en los procesos judiciales se presenta en diversas localidades y experiencias regionales, que a pesar de no compartir una tradición jurídica los derechos humanos si son compartidos por los diferentes países. Por ejemplo, en la Unión Europea el tema de los derechos humanos en relación a las investigaciones criminales Ruggieri⁵⁰ plantea los debates de la libre circulación y admisibilidad de las pruebas en la cooperación transfronteriza en materia penal. El texto identifica la incertidumbre en las problemáticas que implica la obtención de las pruebas en las investigaciones transfronterizas cuando cooperan para sustentar sus investigaciones.

El autor ejemplifica esta problemática de la siguiente manera: en las investigaciones penales transfronterizas cuando un Estado que ejecuta actos de investigación en otro Estado cooperante, resulta que algunos actos de investigación

⁵⁰ RUGGERI, Stefano. *Transnational evidence and multicultural inquiries in Europe: Developments in EU legislation and new challenges for human rights- Oriented criminal investigations in cross-border cases*, Switzerland, Springer, 2014, pp. 4-34.

son ilegales para el Estado de ejecución, pero legales en el Estado cooperante, por lo que una persona puede ser llevada ante los tribunales acusada con pruebas ilegales en el Estado de ejecución. Lo anterior expondría al acusado a una sentencia basada en pruebas reunidas en el extranjero por medio de investigaciones ilegales en su país. Esto muestra que los derechos fundamentales están en vulnerabilidad, es decir, en incertidumbre. Por otro lado, también muestra que la incertidumbre de las investigaciones criminales y las pruebas ofrecidas surgen independientemente del desarrollo económico o jurídico de la región.

Por otro lado, Andreassen⁵¹ plantea un debate debido a que los derechos humanos no han sido abordados desde su metodología de aplicación; se ha abonado mucho en el campo normativo, pero recientemente los derechos humanos además del campo legal, también están siendo estudiados desde la sociología, la antropología o la economía. Con lo anterior las investigaciones en derechos humanos deberían ser evaluadas acorde al método que aplica, aunque toman como punto de partida el marco legal internacional, la tendencia de los derechos humanos es abrir su campo con otras disciplinas como las ciencias sociales y humanidades, de tal suerte que también apliquen sus distintos métodos y metodologías en la investigación de derechos humanos de forma compartida.

Aunque el enfoque legal sigue constituyendo la piedra angular de la metodología de investigación en derechos humanos, dado el anclaje legal en el derecho internacional y nacional, enfoques como el de las ciencias sociales abordan temas y problemas que no pueden ser abordados por los enfoques legales de los cuales la ciencia del derecho debe aprovechar. En la interpretación de los tratados de derechos humanos el autor⁵² opina que existe una metodología adecuada para esta actividad, que incluso diferentes académicos o abogados a veces terminan defendiendo interpretaciones diversas, la actividad interpretativa de cada uno de

⁵¹ ANDREASSEN Bård A. *et. al.* (ed). *Research methods in human rights. A handbook*, USA, Springer, 2017, pp.4-13.

⁵² *Ídem.*

ellos se puede evaluar para la corrección de su metodología y, en última instancia, también para la corrección de la respuesta a la que hayan llegado.

Para Monteiro⁵³, los grandes problemas que se presentan a los seres humanos ahora tienen una dimensión planetaria internacional, el desarrollo de las técnicas de comunicación ha favorecido una interacción creciente entre las personas, sociedades y culturas. La rápida evolución de la biotecnología, exigen con urgencia reflexión ética y política de amplitud universal. En este contexto, la búsqueda de los valores éticos se convierte una vez más en un problema actual. La reflexión sobre los problemas éticos, especialmente a través de la problematización filosófica y la educación se advierte la necesidad de una ética universal, la "globalización de la ética". Con las reflexiones del autor se puede inferir que problemáticas como las investigaciones criminales en los sistemas de justicia ahora tienen una injerencia universal, por lo que, estas investigaciones deben poner el ojo en los valores éticos alrededor de ello, esta característica ética conduce irremediabilmente al énfasis de los derechos humanos y la posible crisis ética que impactaría en estos derechos.

Por su parte Hock Lai Ho⁵⁴ debate si al interior de los derechos humanos la presunción de inocencia tiene cabida o solamente debe considerarse como un derecho dentro del proceso penal. Plantea este cuestionamiento desde tres aspectos: El primero, dice que la presunción de inocencia asigna a la fiscalía la carga de probar cada elemento del delito más allá de toda duda razonable. El segundo, la presunción de inocencia regula la deliberación del veredicto al sentenciar a una persona. El tercero, la presunción de inocencia como un derecho general al debido proceso, siendo independiente al estándar de un juicio justo.

Nuevamente la relación que existe entre los derechos humanos y los derechos procesales se refleja en esta discusión, incluso algunas consideraciones generan cierto tipo de incertidumbre, porque no queda bien establecido cuando el actuar de una autoridad se rige por un derecho humano y en qué momento es parte

⁵³ MONTEIRO, Reis A. *Ethics of human rights*, Switzerland, Springer, 2014, pp. 3-25.

⁵⁴ LAI, H. *The presumption of innocence as a human right*, en Roberts, P y Hunter, J. (Ed.), *Criminal evidence and human rights reimagining common law procedural traditions*, United Kingdom, Hart, 2012, pp. 259-281.

de un derecho procesal. Como bien señala Lai Ho⁵⁵, para que un derecho sea considerado como derecho humano debe presentar los siguientes elementos: Contar con un mínimo de demandas, los derechos que exige están al límite de la conducta humana tolerable, deben ser fundamentales, su propósito es proteger aspectos esenciales de la dignidad humana, deben ser universales, su aplicación es internacional, incluso si su interpretación es culturalmente sensible al tema y por último, tienen que ser básicos, establece un rango de permisibilidad ya que un derecho humano no puede exigir todo.

Tomando en cuenta los elementos antes señalados, se complica definir la presunción de inocencia como un derecho humano, debido a que en ciertos casos se encuentra más cercana a la contemplación de los derechos procesales. Además, cómo saber si un derecho se encuentra dentro del mínimo tolerable; o en qué momento protegen aspectos esenciales con una aplicación internacional. Lai Ho advierte que si la presunción de inocencia tiene pretensiones de que su aplicación sea universal, tiene que tomar en cuentas tradiciones jurídicas como los sistemas legales inquisitoriales, donde la presunción de inocencia tiene otra interpretación.

Los derechos humanos en los juicios penales son relevantes porque es una forma de garantizar que se protegen las garantías mínimas a una persona, pero, se han impregnado tanto las reglas de procedimiento y los derechos humanos de tal suerte que, así como puede beneficiar esta situación, en algunos casos es necesario esclarecer la distinción de los derechos procesales y los derechos humanos. Conocer la participación de la prueba pericial y en particular la prueba de genética forense es crucial para identificar en dónde se debe procurar la protección de los derechos humanos de los involucrados y en dónde se podría vulnerar de manera real sus derechos. Con la propuesta de que los laboratorios de genética forense entren en procesos de acreditación se está garantizando la calidad de los resultados, sin embargo, esto también incidirá en la protección de los derechos humanos o simplemente es un requisito técnico científico que se debe cumplir para

⁵⁵ LAI, H. *Op.cit.*, pp. 259-281.

alcanzar los márgenes de satisfacción a quienes utilizan sus servicios, estos planteamientos son los que se presentan en el siguiente capítulo.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Capítulo II

La prueba de genética forense y la relación judicial

Durante la investigación de los delitos las pruebas pasan por una serie de momentos que van cobrando relevancia y son necesarios para que lleguen a su valoración, aquí, el órgano jurisdiccional tiene que tomar la decisión de condenar o absolver según los hechos probados que se presentaron durante todo el procedimiento y que se congregaron en juicio. El juez o el tribunal deben basar su decisión en una serie de evidencias que dan por probados ciertos hechos que fueron presentados de manera enunciativa y propositiva por las partes. Entre mayor confianza tenga el juzgador de las pruebas que está utilizando para sustentar su decisión, sus bases serán más solidas, por esta razón los juzgadores se decantan por lo que se conoce como las pruebas científicas, el auge que ha tenido la prueba de genética forense en apoyo del sistema de justicia penal ha sido por el entorno científico que permea esta prueba.

Es indiscutible señalar la trascendencia que ha tenido la ciencia y la tecnología en auxilio de la justicia y sus representantes por medio de sistemas bien conformados. No es ajeno que desde siglos atrás la ciencia de la medicina auxilió tajantemente en las determinaciones penales en hechos controvertidos, como: determinar causas de muerte, tipo de lesiones, distinguir entre acciones auto ejercidas (suicidios) y de etiología homicida entre otras; José Ramón de Cossío lo manifiesta de una forma más clara y evidente.

La rápida evolución científica y la compleja tecnología de nuestra sociedad moderna repercuten en el ámbito del derecho, en tanto se convierten en el contenido de muy diversas normas jurídicas. Ello hace inevitable que el derecho determine formas de validación de la ciencia y ésta, formas de expresión de aquél. En efecto, la evolución científica y técnica exige regular nuevas actividades a fin de dotarlas de orden y encausar los posibles conflictos. El derecho es el marco a partir del cual se generan

y se protegen los hallazgos científicos creando así un cúmulo de incentivos positivos y negativos para el desarrollo de los mismo⁵⁶.

El exministro muestra la relación de la ciencia y la tecnología de manera incesante e incluso reciproca ya que, así como la ciencia y la tecnología influye en el campo del derecho, el propio derecho influye en la normatividad del campo científico para su regulación en la sociedad. La importancia que le dan instancia como la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) a los casos que están apoyados en la ciencia y la tecnología, permite valorar las pruebas presentadas asegurando los grados de fiabilidad de ellas dentro en el contexto particular y en general en el sentido institucional.

También hay que considerar que la rápida evolución científica y tecnológica influye simultáneamente en dos fenómenos, por un lado, el sentido que líneas arriba se ha estado trabajando como apoyo para aportar elementos, resultados e información para que las partes puedan controvertir y el juzgador tome su mejor decisión con esa información; y por otro lado, el uso que la criminalidad le da principalmente a la tecnología para realizar sus actividades en diferente modalidades, sin perder de vista lo anterior, para comprobar estas actividades con el uso de cierta tecnología nuevamente se acude a las pruebas periciales más sofisticadas para demostrar estos hechos.

A pesar de contar con pruebas que tienen un carácter técnico y científico sólido en el campo forense y que la genética forense se ha consolidado como una de esas pruebas a tomarse en cuenta, hay que identificar características propias del sistema de justicia penal que lo singularizan, en algunos aspectos lo pueden complicar, pero sin duda permite entender el uso de estas pruebas periciales para la corroboración de los hechos. Jordi Ferrer explica algunas características de contexto que presentan las pruebas jurídicas a tomar en cuenta en el proceso

⁵⁶ RAMÓN Cossío, José *et.al.* *El uso de evidencia científica y opinión experta en las sentencias de la suprema corte de justicia de la nación*, México, Tirant lo Blanch, 2017.p. 9

judicial, haciendo presente el desarrollo que hace el autor se identifican como imposibilidades, aunque el autor no las define de esta manera, en este documento se presentan así para resaltar las complicaciones en la corroboración de los hechos, estas imposibilidades son: la imposibilidad de la totalidad, no se puede contar con la totalidad de los elementos para corroborar los hechos controvertidos, la información siempre será incompleta; la imposibilidad de reproducir los hechos, los hechos controvertidos se desarrollaron en el pasado y al ser únicos son irrepetibles; la imposibilidad temporal, no se pueden prolongar de manera indefinida los actos procesales, los hechos tienen límites temporales para su investigación; la imposibilidad de separar los intereses de las partes, porque las partes pretenden probar hechos a favor o en contra de sus representados, no se centran en una búsqueda total y real en la verdad del hecho; y por último, la imposibilidad de la decisión infalible, como autoridad representada por un juez o tribunal y sumando los puntos anteriores existe la posibilidad que las decisiones tengan errores en su determinación de los hechos y dar probados hechos erróneos⁵⁷.

Este contexto de la prueba, pone de manifiesto la existencia de características que hacen el proceso singular y difícil, ahora con este panorama se deben tomar determinaciones respecto a los hechos controvertidos y, por lo tanto, el juez tiene que sustentar esa decisión, favoreciendo la toma de decisiones utilizando los mejores recursos para dar por probados ciertos hechos, estos recursos son las pruebas periciales, en particular la prueba de genética forense en auxilio de la autoridad judicial. En este sentido valdría la pena definir qué son las ciencias forenses, cuándo es una prueba científica y cuándo es una prueba pericial.

2.1. Ciencias forenses

En primer término, las ciencias forenses para Ramírez Aldaraca son aquellas que contienen un robusto campo de actuación que se encuentran sistematizadas y generan conocimiento científico además trasciende lo indiciario pues en las ciencias forenses se incluyen el estudio del fenómeno criminal, social, cultural, psicológico

⁵⁷ FERRER, Jordi. *La valoración racional de la prueba*, Op.cit., pp. 29-41

entre otros⁵⁸. La característica de la ciencia forense, según Eliseo Lázaro es que tiene los conocimientos regulados, aceptados por la comunidad científica y que coadyuvan en la investigación de ciertos hechos con resultados de trascendencia jurídica que se requieren para esclarecer cuestiones técnicas o científicas⁵⁹. Esta característica de ser materias reguladas, hace pensar de inmediato que se encuentran en el listado de carreras que requieren estar dadas de alta como una licenciatura oficial; en el caso de aceptadas por la comunidad científica puede presentar una serie de problemas, primero para identificar quién es la comunidad científica y después cómo validaría ciertos conocimientos esa comunidad científica.

Eliseo Lázaro agrega que las ciencias forenses requieren de una formación base que este regulada por las autoridades de educación y una formación especial en el ámbito forense, esto es, que se tiene conocimiento que la actuación del experto tiene consecuencias jurídicas, por lo mismo debe tener una formación en el sistema de justicia penal, los principios de la criminalística y la interacción de todo ello en el ambiente judicial. Aunque existe un problema y es que las ciencias forenses se piensan como una unidad de conocimientos, a pesar de que tenga el adjetivo de forense no son conocimientos científicos⁶⁰, existen áreas de conocimientos que son técnicas, disciplinas, oficios y otros. Pero aún así son catalogadas como ciencias forenses, en otros casos, las ciencias forenses, son aquellas que requieren una formación inicial en una ciencia, ya sea formal, social o humana y que después se especialicen en el ambiente forense o judicial, esto hace que utilicen su área de conocimiento en la que se formaron y que incluso está regulada y después aplican esos conocimientos en coadyuvancia con la autoridad judicial para aportar elementos y esclarecer los hechos en cuestión.

⁵⁸ RAMÍREZ Aldaraca. Roberto Carlos. *Criminalística. Nuevos paradigmas una visión epistemológica y científica*, 2ª edición, México, Editorial flores, 2019, pp.165-166.

⁵⁹ LÁZARO Ruiz, Eliseo. *Ciencia forense y contrainterrogatorio*, México, INACIPE, 2019, p. 3.

⁶⁰ *Ibidem*, p. 11.

2.2. La prueba pericial y su cientificidad

En segundo término, el uso de la prueba científica y la prueba pericial, se distingue a partir de la concepción de las ciencias forenses y para Zoraida García, en primer lugar, pasa de la concepción plural al término singular de ciencia forense. Las ciencias forenses son un conjunto de herramientas que las ciencias y las técnicas permiten analizar las asociaciones de personas, lugares y situaciones involucradas en hechos controvertidos en el ámbito judicial. Valiéndose de ciencias provenientes de las ciencias exactas; biología, química y física;⁶¹ y de las ciencias humanas y sociales. A partir de esta noción la autora refiere que las ciencias forenses tienen un fin más práctico que epistemológico utilizando el término de la prueba científica. Pero, utilizando el concepto de prueba científica quedan desplazadas una serie de pruebas que no son científicas y que aportan información relevante para la controversia judicial.

Ahora bien, uno de los problemas que enfrenta la ciencia forense, la criminalística y por supuesto la genética forense como pruebas frente a un tribunal es el hecho de ser elementos de convicción para la autoridad que va dar por probados unos hechos que traerán consecuencias jurídicas a todos los involucrados en el juicio. La prueba científica en particular y la prueba pericial en general se han convertido en la moneda de cambio en los tribunales judiciales. Lo anterior producto del carácter científico de las pruebas que son presentadas para la sustentación de las proposiciones e hipótesis, sin embargo, la categoría de que la cientificidad brinda fiabilidad y confianza de manera directa y por tanto seguridad en la toma de decisiones se puede volver controversial.

El elemento fundamental para tomar en cuenta la prueba pericial es su carácter científico que pueda demostrar dicha prueba. Existen dos confusiones en el uso de

⁶¹ GARCÍA, Zoraida. "La argumentación en la valoración de la prueba científica en el sistema penal acusatorio, emergente en el mundo latino". (Documento web) s.f., revisado el 09 enero de 2019, disponible en:<http://iusfilosofiamundolatino.ua.es/download/VALORACIÓN%20DE%20LA%20PRUEBA%20CIENTÍFICA%20EN%20EL%20SISTEMA%20PENAL%20ACUSATORIO.pdf>.

la prueba en cualquier sistema de justicia, una de ellas es pensar que toda prueba científica por el hecho de ser científica es garante, fiable e infalible; la segunda confusión es concebir que la utilización de un método en la ciencia hace la diferencia entre lo que es una ciencia y una pseudociencia. Ambas problemáticas a continuación se desarrollan.

Ya sea en la admisión de la prueba pericial o en la valoración de la misma por parte del juzgador se hace alusión a la científicidad de ella como un grado de validez que le permite tener elementos para llegar a ciertas determinaciones. Esta fiabilidad en la prueba se basa en hacer alusión su condición científica. De manera implícita se ha internalizado en la concepción general que ciencia y fiabilidad son lo mismo, cuando en realidad es más complejo de lo que parece. Debido a la alusión de este grado de científicidad se ha optado por establecer que cosa es ciencia y cuándo es pseudociencia, conocido como el problema de la demarcación⁶², que consiste en tener un criterio que distinga la ciencia de la no ciencia identificadas más como creencias, conocimientos o actividades que no son ciencia; para entender mejor este punto Carmen Vázquez⁶³ describe que en la filosofía de la ciencia existen dos tradiciones, la tradición antigua o epistémica y la tradición moderna o semántica.

La versión o tradición epistemológica busca las últimas consecuencias de los fenómenos para emplear demostraciones lógicas, los grandes debates se daban demostrando la certeza del conocimiento, de aquí viene la conexión de ciencia y conocimiento infalible. Más adelante aparece una postura falibilista, debido a que la ciencia no puede emitir certezas infalibles, lo que va distinguir de la ciencia es su metodología. La postura semántica, encuentra un enunciado científico por medio de la lógica sintáctica, debe tener la posibilidad lógica de ser probado. También dos características se volvieron cruciales para sostener el carácter de científicidad, que son el estándar de racionalidad y la forma para investigar el mundo.

⁶² VÁZQUEZ, Carmen. *La prueba pericial en el razonamiento probatorio*, México, Ceji, 2019, pp.130,131.

⁶³ *Ibidem*, pp. 132-135.

El estándar de racionalidad tiene que ver con el uso de la lógica para desarrollar el razonamiento científico, utilizando el deductivismo e inductivismo. La forma para investigar el mundo y cómo funciona este abarca el método científico con sus ya conocidos pasos: observación, hipótesis, experimentación y conclusiones, y con estos cuatro pasos se distinguía la ciencia de la no ciencia, como si por el hecho de seguir los pasos hiciera la ciencia de manera inmediata, en donde lo esencial no es seguir los pasos sino cómo se llegó a cada uno de estos pasos que hicieron sostener las pretensiones.

Con lo anterior se quiere plantear que la científicidad no es garante de la fiabilidad, tampoco significa el abandono de la ciencia, más bien, hace énfasis en que el método científico y la propia ciencia no se ejercen dando por hechos los pasos, sino que requiere de un esfuerzo que pueda explicar cada paso, y por otro lado, que el método científico no es el único método para proporcionar pruebas fiables, existen otros métodos, técnicas y áreas de conocimiento que resultan validos al momento de explicar sus conclusiones.

Para evitar problemas de clasificación de las pruebas periciales con las pruebas científicas Carmen Vázquez propone que se utilice el término de la prueba pericial, de esta manera, la prueba pericial incluye a la prueba científica, técnica, artística, para la autora lo importante es la información relevante para tomar decisiones de los hechos⁶⁴. Su conocimiento es fiable por el respaldo que se pudo probar y no por el simple hecho de enunciar el método científico o forzar a aparentar una ciencia cuando en realidad no lo es.

2.3. Las sentencias judiciales y la prueba científica

A continuación, se presentan algunas sentencias que refieren el tema de las pruebas y sobre todo de las pruebas científicas, argumentando su uso y algunas recomendaciones a tomar en cuenta cuando se valoran este tipo de pruebas. Estas

⁶⁴ VÁZQUEZ, Carmen. *De la prueba científica a la prueba pericial*, Op.cit.,pp. 37-40.

sentencias no abarcan únicamente el ámbito penal, para este ejercicio se retoma al ámbito administrativo con la intención de explicar las interpretaciones de las pruebas periciales y la prueba científica.

CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS. CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN TENER PARA QUE PUEDAN SER TOMADOS EN CUENTA POR EL JUZGADOR AL MOMENTO DE EMITIR SU FALLO⁶⁵. Esta tesis explica la necesidad del conocimiento científico para resolver asuntos sometidos a los tribunales, hace una similitud entre los fines que persigue el derecho y la ciencia como fuentes de autoridad de los pueblos modernos y juntos también constituyen un medio para asegurar la legitimidad de las decisiones gubernamentales. Para que el órgano jurisdiccional pueda apoyarse válidamente en la opinión de un experto en una rama de la ciencia debe tener la siguientes características: que la evidencia sea relevante para el caso, que la evidencia científica sea fidedigna que se haya arribado a través del método científico, que haya sido sujeta a pruebas de refutabilidad, que tenga la aceptación de la comunidad científica, que presente su margen de error potencial y los estándares que controlen su aplicación, si cumple con ello el juzgador puede tomarla en cuenta.

PRUEBA CIENTÍFICA. SU JUSTIFICACIÓN Y VALIDEZ EN LA RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS JURÍDICOS⁶⁶. Para solucionar conflictos jurídicos se acude a los dictámenes periciales o prueba científica (aquí los emplea como sinónimos y se entiende que todo dictamen es científico). El objetivo tanto de la ciencia como del proceso judicial es la investigación de la verdad. Es un instrumento probatorio para que el juzgador cuente con la información necesaria para determinar sobre los hechos, entonces la prueba científica consiste en nociones y métodos de análisis que rebasan el patrimonio cultural del que en situaciones normales rebasan al juzgador. No obstante, en la Litis las partes estratégicamente presentan visiones incompletas, descontextualizadas o alternas a

⁶⁵ Tesis: 1a. CLXXXVII, *Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta*, Novena Época, t. XXV, marzo de 2007, p. 258.

⁶⁶ Tesis: I.4o.A.16 K (10a.), *Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta*, Decima Época, t. XIX, abril de 2013:2263.

la realidad, la prueba científica ayuda al juzgador a tomar de la mejor manera sus determinaciones.

PRUEBA PERICIAL CIENTÍFICA. SU OBJETO Y FINALIDAD⁶⁷. Consiste en que un experto en determinada ciencia, técnica o arte aporte al juzgador los conocimientos que son propios de su pericia, son esenciales para resolver una controversia.

Así, el uso, primordialmente, de la pericial, y con ella de los métodos científicos, implica el aprovechamiento de conocimientos especializados, indispensables para apreciar y calificar ciertos hechos o evidencias y poderles atribuir o negar significado respecto a una cierta práctica, hipótesis o conjetura que pretende acreditarse⁶⁸.

Determina circunstancias conforme al marco metodológico para arribar válidamente a la conclusión y más adelante detalla que:

Por lo anterior, el conocimiento especializado que puede obtenerse de los métodos científicos o de procedimientos expertos hace participes a los juzgadores de la información que deriva de leyes, teorías, modelos explicativos, máximas de la experiencia y destrezas, incluso de presunciones, todos ellos correspondientes a las diversas ciencias que se rigen por distintas metodologías, por lo cual, las evidencias que aportan comprenden hechos, conductas, prácticas, estados de cosas o circunstancias particulares, en general, que conforme a una teoría o método, sean pertinentes para el propósito u objetivo que con la prueba se intenta acreditar y requiere de una calificación especializada⁶⁹.

Esta última parte es importante porque de alguna manera lo que en el primer párrafo excluye respecto a otras formas de conocimiento relevante, en este otro rescata ampliando no únicamente a los métodos científicos, también los procedimientos de los expertos, modelos explicativos, destrezas para comprender

⁶⁷ Tesis: I.10.A.E.45 K (10a.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación Libro 24, t. IV, noviembre de 2015: p. 3605.

⁶⁸ *Ídem*.

⁶⁹ *Ídem*.

una serie de situaciones que abarcan hechos, conductas, acciones, estados de las cosas y circunstancias.

Se entiende de forma general, que las tesis recién citadas refieren la necesidad de un conocimiento especializado para resolver los conflictos y este conocimiento proviene de la ciencia. Estos conocimientos aportan información que es relevante para el juzgador y la toma de decisiones. La mayoría de las tesis abordan el tema de que este conocimiento especializado rebasa el patrimonio cultural del juzgador ya sea por la ciencia o por la tecnología, requiriendo de un tercero que le explique este conocimiento experto. El conocimiento especializado debe ser valorado atendiendo a una serie de recomendaciones para interpretarlo, para poderle dar validez a este conocimiento en algunas tesis manifiestan una serie de elementos como: la relevancia, que sea fidedigna por usar el método científico, que sea refutable, aceptado por la comunidad científica y que exprese su margen de error. En otros casos menciona que este conocimiento especializado se obtiene con el método científico o el uso de la metodología científica.

Con esta información se van a contrastar los 6 elementos que propone Susan Haack citada por Carmen Vázquez⁷⁰ para identificar una idealización de la ciencia como un conocimiento garantizado y una confianza ciega hacia sus preceptos, con la intención de identificar el abuso de la ciencia para resolver los dilemas y controversias, que incluso han identificado como puntos anticientíficos por el exceso de su utilización.

1. Usando las palabras "ciencia", "científico", "científicamente", etc., honrosamente, como términos genéricos de elogio epistémico.
2. Adoptar los modales, los adornos, la terminología técnica, etc., de las ciencias, independientemente de su utilidad real.
3. Una preocupación por la demarcación, es decir, por trazar una línea clara entre la ciencia genuina, lo real y los impostores "pseudocientíficos".
4. Una preocupación correspondiente con la identificación del "método científico", presumiblemente para explicar cómo las ciencias han tenido tanto éxito.

⁷⁰ VÁZQUEZ, Carmen. *La prueba pericial en el razonamiento probatorio.*, Op.cit., pp.126,127.

5. Buscar en las ciencias respuestas a preguntas más allá de su alcance.
6. Negar o denigrar la legitimidad o el valor de otros tipos de investigación además de la científica, o el valor de las actividades humanas distintas de la investigación, como la poesía o el arte.⁷¹

Siguiendo los puntos anteriores propuestos por Haack vemos que se cumple el punto 1 en el sentido de elogio epistémico cuando en las sentencias abundan las descripciones que para el conocimiento de los hechos se requiere de conocimiento científico. En el punto 2 respecto al adoptar modales y terminología técnica se puede observar que en las sentencias explican que para validar las pruebas deben de ser fidedignas, refutables, establecer el margen de error y aceptación de la comunidad científica, sin embargo, no especifica cómo aplicar cada una de ellas en las pruebas científicas, lo que en las propias ciencias es complicado de establecer. Tomando como ejemplo la refutabilidad, no se puede aplicar en todos los casos ni en todas las ciencias, pasar esta categoría adoptada por la propuesta de Popper que lo refutable o falseable es decir, la evidencia que puede ser falsa porque Popper describe su filosofía en contraste con el verificacionismo de los positivistas lógicos debido a que las declaraciones científicas nunca pueden ser demostrables como verdaderas⁷², e incluso a pesar de que la prueba científica sea falseable esto no quiere decir verificada a lo que Popper aducía que no por ser falseable está corroborada, por tanto, no se puede hacer un traslape tan ordinario de estas pretensiones en el uso de las pruebas científicas para los fines judiciales.

En cuanto al punto número 4 de la lista de Haack, el uso del método científico para garantizar la confianza en la ciencia, se puede notar en la transcripción de las sentencias que en todas ellas describen o de manera implícita refieren el uso del método científico para llegar a resultados fiables, equiparando si el testimonio de un experto es confiable con la pregunta de si es genuinamente científico, esta afirmación da por hecho que existe una metodología científica que realizándola

⁷¹ HAACK, Susan. "Six Signs of Scientism", en *Logos & Episteme*, Rumanía, Volumen 3, núm. 1, 2012, pp.77-78.

⁷² HAACK Susan. "Trial and Error: The Supreme Court's Philosophy of Science", en *American Journal of Public Health*, Vol 95, No. S1, Supplement 1, 2005, pp.66-68.

cabalmente los resultados serán confiables, largo debate respecto al uso de un método científico para llegar a las conclusiones.

El uso de información confiable para la toma de decisiones es una preocupación de los juzgadores, por lo tanto, saber que elementos pueden ser tomados en cuenta para garantizar estos resultados es el objetivo de las sentencias antes expuestas, sin embargo, hay un abuso del campo científico y del concepto de método científico universal que ayuda a que sea fidedignas las pruebas, hay más elementos a ser considerados antes de establecer determinaciones. A pesar de ello, se entiende la preocupación de los juzgadores de ir acotando lo más objetivamente posible los errores que se pueden cometer al realizar una mala determinación debido a la información obtenida, y la ciencia junto con el método científico ofrece este respaldo que en muchas ocasiones es real, pero en otras ocasiones puede ser confuso, no equiparable ni contrastable, lo que hace que se dificulten la interpretación de las sentencias con la interpretación de las pruebas.

2.4. Aspectos históricos de la genética forense

Según Ulises Toscanini⁷³ el comienzo de las pruebas biológicas para fines forenses comienza después que el químico Lansteiner en 1901 propuso el sistema de grupos sanguíneos ABO, que a la fecha sigue siendo útil para las transfusiones y compatibilidad en la sangre. Antes de que aparecieran las pruebas de genética forense fue el único recurso biológico con carácter identificativo, sin embargo, tenía una limitante importante y era que el sistema ABO no presenta muchos polimorfismos y presenta una baja variabilidad entre los individuos⁷⁴. Posteriormente se implementaron otros sistemas de grupos sanguíneos, pero prácticamente presentaba la misma limitante⁷⁵.

⁷³ TOSCANINI, Ulises. "Historia y evolución de la Genética forense. Grupos de trabajo de estandarización científica", en CRESPILO Márquez, Manuel y Pedro Barrio CABALLERO (eds.), Genética forense Del laboratorio a los tribunales, España, Díaz de Santos, 2019.pp. 02.

⁷⁴ *Ídem*.

⁷⁵ Sistemas de grupos sanguíneos eritrocitarios a medida que fueron descritos, como MNS, Kell, Kidd y otros, y posteriormente el análisis de isoformas de enzimas eritrocitarias y de proteínas séricas. Si bien individualmente cada sistema tiene un bajo poder de discriminación, la posibilidad de combinar la información

Gerardo Arroyo⁷⁶ describe que con el avance científico de la bioquímica en los años setentas se desarrollaron los estudios del ADN, la composición celular y el entendimiento del código genético propició que la fisiología celular progresara abruptamente. Arroyo refiere que en 1973 la integración de un plásmido localizado en un gen perteneciente a la rana africana *Xenopus leavis* da comienzo a la ingeniería genética porque la bacteria conocida como *E. coli* es utilizada para producir proteínas humanas como la insulina y la hormona de crecimiento y siendo estos los primeros organismos transgénicos⁷⁷.

Ya para los años ochentas, Arroyo⁷⁸ refiere que, con los avances y descubrimiento de los ácidos nucleicos relacionados con la herencia, el doctor Alec Jeffreys catedrático en la universidad del Reino Unido descubrió que las variaciones o las mutaciones del ADN originarían condiciones de tipo genético. Estas mutaciones pueden ser las causantes de diversas enfermedades neurológicas y la fibrosis quística, ambas enfermedades identificadas con la técnica conocida como polimorfismo longitudinal de fragmentos de restricción (RFLP Restriction Fragment Length Polymorphism). De igual forma el Doctor Jeffreys se percató que haciendo un análisis con los RFLP en regiones del ADN no codificantes presentaban un número de variación de perfiles entre individuos, Jeffreys deduce que estos mini satélites podrían ser utilizados como huellas genéticas⁷⁹. Entonces, a partir de los estudios de ADN codificante para las enfermedades de diversa índole Jeffreys se percató que existía una amplia variación en el ADN no codificante que lo hacía polimórfico.

La técnica de análisis VNTR-RFLP es un proceso complicado que lleva dos semanas y debido a que el examinador trabaja con materiales peligrosos para la salud como el fenol y cloroformo que son tóxicos y abrasivos los cuales son

de cada uno de ellos permitía mejorar sustancialmente la potencia de la prueba. Toscanini. *Historia y evolución de la Genética forense. Grupos de trabajo de estandarización científica*, op.cit., pp. 02

⁷⁶ ARROYO Cruzado, Gerardo. "Crónica sobre el impacto de la tecnología del ADN en las Ciencias Forenses", en *Revista Umbral*, Puerto Rico, No. 09, septiembre 2014, pp. 108.

⁷⁷ *Ibidem*, pp. 109.

⁷⁸ ARROYO Cruzado, Gerardo. *Op.cit.* pp.109.

⁷⁹ *Ibidem*, pp.109 y 110.

utilizados para poder aislar al ADN. Toscanini refiere que el poder de discriminación del método utilizado, su interpretación y la valoración estadística fueron muy complejas. Además, el diseño de nuevas sondas fue identificando cada vez más polimorfismos de ADN con secuencias repetitivas en tándem, estas sondas permitirían patrones más fáciles de interpretar, donde cada locus mostraría dos bandas por individuo, uno correspondiente a cada uno de los alelos materno y paterno. Debido a que las sondas de ADN hibridan en una región del genoma se les denominó sondas unilocus, o SLP. Solamente con 4 SLP era posible obtener un amplio margen de discriminación incluso superior a cualquier otro método, pero, aun así presentaba una serie de inconvenientes tales como: problemas de reproducibilidad, el análisis podía durar mucho tiempo y la necesidad de que la muestra fuera suficiente y con alto peso molecular⁸⁰.

Los problemas antes planteados fueron superados por un método que en el año de 1986 Mullis y colaboradores desarrollaron y que hasta nuestros días se continúa utilizando, este método es conocido como reacción en cadena polimerasa PCR⁸¹. El sistema imita la forma que se replica el ADN, pero en lugar de hacerlo con la complejidad celular, lo realiza en las siguientes etapas: Desnaturalización, anillamiento y elongación. La desnaturalización utiliza rampajes de temperaturas para separar el ADN, el anillamiento favorece la hibridación con oligonucleótidos específicos y por último la elongación, permite la síntesis posterior de una cadena de ADN complementaria utilizando una enzima ADN polimerasa termoestable que soporta los cambios de temperatura en cada ciclo.

El uso de la técnica de PCR trajo algunas ventajas como la posibilidad de trabajar con muestras y cantidades cada vez más pequeñas o la posibilidad de obtener un perfil genético con pocas células; la extracción del ADN de estas muestras y sus fuentes podrían ser mayores y en menor cantidad aumentando las

⁸⁰ TOSCANINI, Ulises. *op.cit.* pp.5 y6

⁸¹ *Polymerase Chain Reaction*

posibilidades de áreas a localizar, saliva, cabello, colillas de cigarro, células epiteliales, células espermáticas entre otros.

Para los años noventas las regiones repetitivas son llamadas repeticiones cortas en tándem STR⁸² de las cuales fueron seleccionados algunas de estas STR que hasta la fecha se siguen utilizando, además se incluyeron *primers*⁸³ para amplificar la Amelogenina gen que se encuentra en los cromosomas sexuales XyY lo que hizo posible determinar el sexo de la muestra⁸⁴.

Esta última parte es lo más cercano de la tecnología actual, sin embargo, es importante señalar que en el desarrollo inicial de la tecnología se manifestaron una serie de cuestionamientos que a continuación se van a presentar. Como ya se aludió líneas arriba Alec Jeffreys, se encontraba estudiando el ADN codificante, pero notó que el ADN no codificante tenía una amplia variedad o polimorfismo. Jeffreys utilizó sus estudios del ADN no codificante para auxiliar a las autoridades británicas en un caso de inmigración que le prohibían a un niño de origen africano ingresar al Reino Unido⁸⁵, la prueba de Jeffreys confirmó que el niño sí era hijo de personas africanas residentes en el Reino Unido.

Posteriormente en cuestión criminal le solicitaron a Jeffreys participar en un caso de violación y homicidio de dos mujeres, los hechos ocurrieron entre los años de 1983 y 1986, de este caso se extrajo ADN de una muestra de semen obtenida de las víctimas, la tipificación del ADN mostró que el violador había sido la misma persona en ambos casos, sin embargo, el perfil del ADN del sospechoso no coincidía con las muestras de ADN extraído de las víctimas. Posteriormente en 1988 Colin Pitchfork fue hallado culpable de los delitos de violación y homicidio, en donde la prueba de ADN para vincularlo al caso fue crucial⁸⁶. En estos acontecimientos ocurrieron dos eventos importantes bajo el uso reciente e inaugural del ADN

⁸² *Short tandem Repeats.*

⁸³ Reactivos previamente preparados para realizar la PCR.

⁸⁴ TOSCANINI, Ulises. *Historia y evolución de la Genética forense. Grupos de trabajo de estandarización científica., Op.cit., pp.6-7.*

⁸⁵ ARROYO Cruzado, Gerardo. *Op.cit., pp. 112.*

⁸⁶ *Ídem.*

forense, en primer lugar, se liberó a una persona sospechosa que estaba siendo acusada de los cargos de violación y homicidio, en segundo lugar, se acusó a la primera persona por los delitos de violación y homicidio con las pruebas de ADN.

En el año de 1988 se utiliza el ADN en Estados Unidos para un caso de violación en serie, con la ayuda de la prueba de ADN se condena al sospechoso. En el año de 1989 la prueba de ADN había sido utilizada en múltiples investigaciones criminales, sin embargo, debido a que los testimonios de los peritos en genética forense por el grado de especialidad y temas científicos tan complejos, sus afirmaciones eran tomadas como infalibles y en muchos casos incuestionables, en ese mismo año dos abogados Peter Neufeld y Barry Sheck lograron por primera vez en un juicio que la prueba de ADN fuera desestimada en un caso criminal en el caso conocido como (el Pueblo vs Castro)⁸⁷.

Con estos antecedentes y con la irrupción de los primeros cuestionamientos a la prueba de ADN en un caso criminal que permitió desestimar dicha prueba surgieron algunos cuestionamientos hacia la prueba de genética forense y las observaciones de mayor calado tiene que ver con tres elementos acerca de la tipificación del ADN. La primera es la falta de estándares que supervisarán los procesamientos de las muestras, incluso el FBI y compañías como Cellmark Diagnostics negaron en un inicio sus protocolos internos por cuestiones de propiedad intelectual y mercados, cuando por fin mostraron sus protocolos se identificaron diferencias en los procedimientos internos para el manejo de las muestras.

El segundo elemento corresponde a la tecnología utilizada y fue conocido como el desplazamiento de las bandas en la electroforesis, esto sucede cuando en la observación de la electroforesis presenta un patrón de movilidad lo cual causaría una interpretación errónea de los perfiles de ADN que incluso podrían llegar a una incriminación de un inocente. El tercer elemento se centra en las bases de la genética poblacional respaldadas en los datos estadísticos, en esos años se

⁸⁷ ARROYO Cruzado, Gerardo. *Op.cit.*, pp 113.

consideraba que la prueba de ADN lograba la identificación plena, cuando la estadística establece el índice de probabilidad con el que una muestra puede asociarse a alguien, por esta razón, dejó de llamarse huella de ADN y se denomina Perfiles de ADN.

2.5. Las primeras controversias de la prueba de genética forense

Los inicios de la prueba de genética forense en el ámbito judicial han sido desarrollados por Michael Lynch y otros⁸⁸ como una controversia, más puntualmente una controversia tecno-legal. Las controversias entendidas por los autores son una técnica de investigación en la historia y en la sociología de la ciencia para exhibir supuestos teóricos divergentes, interpretaciones contrarias, además muestran los esfuerzos para alcanzar el cierre de la ciencia y la tecnología; este cierre científico entendido como el dotar de sentido de continuidad al consenso y la propia tecnología. Para que se pueda presentar este cierre científico es necesaria la existencia de la controversia, es importante destacar que las controversias son episodios en la historia legal como en la historia de la ciencia.

La controversia de la prueba de ADN en el ámbito forense y judicial se llevó a cabo durante los años 80 cuando empezó a utilizarse esta prueba y en los años 90 cuando comenzaron las disputas por el uso de la misma. Los estudios sociales de la ciencia son relevantes porque no se centran en un aspecto netamente técnico, también contemplan las discusiones no técnico científicas como las áreas legales, los estudios observan las implicaciones e involucramiento de distintos agentes con intereses periféricos, los directamente involucrados son los propios científicos y los tribunales representados por los jueces; en los agentes periféricos se encuentran los periodistas y comentaristas quienes también aportan elementos de discusión y difusión de la controversia⁸⁹.

⁸⁸ LYNCH, Michael. *Truth Machine. The Contentious History of DNA Fingerprinting*, USA, The University of Chicago Press, 2008, pp.43-44.

⁸⁹ *Ídem*.

Esta controversia incluye un contenido técnico de diversas disciplinas como: la biología molecular, las matemáticas, la estadística, la genética de poblaciones, la ciencia forense y el derecho. Aquí es importante resaltar que los tribunales tuvieron que resolver una serie de relaciones problemáticas entre normas idealizadas de la ciencia (que ya vimos anteriormente con las sentencias) prácticas de los laboratorios y los lugares de investigación de donde se obtenían principalmente las muestras.

En su inicio la aplicación de la técnica del ADN alentaba a que se confiara en sus resultados debido entre otras cosas a que los expertos se estaban familiarizando con la técnica, al estar tan familiarizados tenían por sentado la confianza hacia la técnica incluso, Jeffreys alentó su confiabilidad e infalibilidad de la técnica. Esta infalibilidad jugó un papel en la cobertura mediática de la identificación absoluta y el paradigma forense de las pruebas de genética como herramienta de exclusión, que al inicio de la técnica fue lo que probaba excluir a las personas de supuestos hechos delictivos se convirtió en un cambio de paradigma ahora hacia la identificación⁹⁰.

La introducción de una técnica nueva y tan sofisticada como la prueba de genética forense tuvo que haber creado muchas controversias, disputas y acercamiento por parte de los involucrados. Si por un momento se pudiera hacer a un lado el conocimiento elemental que se tiene acerca de la prueba de ADN, y se imaginara los primeros momentos que fueron introducidas estas pruebas, los jueces y jurados estaban acostumbrados a pruebas de una percepción más amplia. Para ejemplificar lo anterior se transcribe un diálogo entre un experto en genética forense y un juez respecto a la prueba de ADN:

“La corte. Ahora cuando dices que lo reduces a su forma pura, se trata de una gota.

El testigo. Bueno, uno tiene alrededor de una gota de fluido.

La corte. ¿de ADN puro?

El testigo. No no no.

La corte. Si mirara el tubo de ensayo al principio y luego lo mirara al cabo de tres horas, ¿vería algo?

⁹⁰ LYNCH, Michael. *Truth Machine. The Contentious History of DNA Fingerprinting*, Op.cit., pp. 51.

El testigo. No.

La corte. ¿Cambiaría su color?

El testigo. No.

La corte. ¿no vería nada diferente?

El testigo. No vería nada diferente.

La corte. Pero verías algo dentro.

El testigo. No. Podría mostrar cómo visualizar las consecuencias de lo que ha pasado en esas tres horas. Y la forma en que se visualizan las consecuencias de lo que ha sucedido en las tres horas es sacando un poco de ese fluido y procesarlo en un gel de prueba. Y cuando ejecuta un gel de prueba en un poco del líquido que se extrae, verá o no verá un fragmento de ADN que no estaba presente en el líquido antes de que sea del tamaño de este gen que se está amplificando.

La corte. Cuando dices ver, ¿te refieres con tus propios ojos?

El testigo. Sí.

La corte. No con el uso de microscopios.

El testigo. No me refiero a ver con tus propios ojos en el sentido de que puede ver un Molécula y usted puede sentarse allí y contar uno, dos, tres, cuatro.

La corte. Aquí es donde estoy teniendo mi problema. ¿Cómo puedes ver algo que no ves?

El testigo. ¿Cómo sabes que algo se está separando si no puedes ver? ¿eso? Porque, juez, usted está preguntando cómo funcionan las herramientas de toda la ciencia en general cuando hace una pregunta como esa, y la forma en que lo ve es mediante algún procedimiento técnico que le permite ver las consecuencias de la molécula con un conjunto particular de propiedades⁹¹.

El juez confundía la demostración visual con una referencia al tamaño relativo del objeto molecular en cuestión. Efectivamente, por un lado, el juez es un lego en los conocimientos de una ciencia distintita, en el tema de biología molecular, uso de instrumentos, equipo sofisticado, la introducción de una nueva tecnología que inicia su debate, comenzando su socialización, etc., por otro lado, las preguntas de la corte a través del juez son totalmente validas en cierto sentido, porque ante el desconocimiento y novedad la duda es valida. Incluso, estas dudas podrían estar repitiéndose en la actualidad, la diferencia es que ya hay una comprensión de la tecnología del ADN que parece evidente su utilización, en el uso cotidiano se desdibuja la construcción de la tecnología y se presentan evidentes y obvias las observaciones de la ciencia, pero incluso son pertinentes los cuestionamientos de los temas más básicos de la ciencia, sin restar la importancia que los juzgadores

⁹¹ LYNCH, Michael. *Truth Machine. The Contentious History of DNA Fingerprinting*, op.cit., pp. 55-56.

cada vez más se forman en generalidades de la ciencia para acceder a los terrenos de especialidades no únicamente en técnicas sofisticadas como el ADN sino de cualquier prueba científica y prueba pericial que se pueda presentar.

La controversia en ese tiempo, detectada por especialistas científicos, pero también por abogados cada vez más formados en la técnica de ADN como fueron Neufeld, Sheck y Thompson⁹². Advierten críticas a una serie de problemas técnicos, problemas estadístico genotípicos y problemas organizativos o de administración. Los problema técnicos y contingentes para ese tiempo de tecnología utilizada en el ADN eran unas sondas radioactivas que marcaban segmentos polimórficos de ADN que se fotografiaban en una película de rayos X, en los tribunales cuando se les cuestionaba algunas prácticas en el laboratorio de este procedimiento de la técnica hubo quien aceptó que utilizaban métodos para mejorar la visibilidad de las bandas tanto para fines de análisis como en la presentación del material probatorio en los tribunales, lo cual es un alteración a la evidencia demostrativa. Identificando estas alteraciones como practicas ad hoc. Otro aspecto en los problemas técnicos fue la contaminación de las muestras, sobre todo por la contaminación cruzada y las fuentes de contaminación que pudieran presentarse desde la recolección, el traslado, la entrega y en el mismo análisis del laboratorio.

Respecto a la controversia estadística, fue porque el procedimiento para establecer las frecuencias alélicas en una población en general, en una región como en EUA donde habitan grupos raciales de caucásicos, afroamericanos, asiáticos, entre otros, el problema se presenta en adaptar las estimaciones de probabilidad a la demografía del grupo sospechoso. Y por último la controversia en los problemas organizacionales o administrativos fueron aquellos que provenían de los estudios pre analíticos, es decir, de los procedimientos para recolectar las muestras de los lugares de investigación, quién lo realizaba, bajo qué capacitación y facultades, la forma de transportarlos, las precauciones para evitar el deterioro de la muestra y toda la parte administrativa, operativa y técnica de la cadena de custodia. Estos problemas se resolvieron cuando los esfuerzos técnicos y

⁹² LYNCH, Michael. *Truth Machine. The Contentious History of DNA Fingerprinting*, op.cit., pp. 62 y 63

administrativos para estandarizar protocolos, organizar los laboratorios, así como la capacitación del personal, todo ello hizo posible un cierre científico en la controversia⁹³.

2.6. Incertidumbre en la prueba pericial

Existe una confianza en la investigación criminal que hecha mano de la ciencia y la tecnología para garantizar la seguridad jurídica y la seguridad procesal en el sistema de justicia penal, por tanto, los derechos humanos de los involucrados están protegidos debido a que las pruebas aportadas con este carácter técnico-científico al momento de ser valoradas por el juzgador cuentan con elementos más confiables para tomar una determinación sustentada del caso.

Frente a esta premisa es menester identificar que una postura optimista propugna porque los hechos criminales se comprueben y presenten con una adecuada investigación criminal atendiendo a los fines procesales (esclarecer los hechos, proteger al inocente, procurar que el culpable no quede impune, reparar el daño, asegurar el acceso a la justicia; todo ello en un marco de protección a los derechos humanos).⁹⁴ Teniendo presente la relación jurídica entre una conducta delictiva que se le imputa a un sujeto y los actos para determinar si se acreditan los elementos del tipo penal para sancionar a dicho sujeto en esta relación procesal.

Por tanto, para la postura optimista el conocimiento especializado ha hecho necesario el uso de la ciencia y la tecnología por la investigación criminal para una valoración de las pruebas que genere convicción al órgano decisor⁹⁵. Un sistema de justicia penal de corte acusatorio y adversarial ha hecho que se ponga atención a la ciencia y la tecnología, a diferencia de lo que ocurre en el sistema inquisitivo mixto donde la confesión tiene cierto valor probatorio, en el sistema acusatorio y adversarial la prueba pericial con sustento científico y tecnológico adquiere relevancia.⁹⁶ Por último, la responsabilidad judicial durante el proceso y el resultado

⁹³ LYNCH, Michael. *Truth Machine. The Contentious History of DNA Fingerprinting.*, *Op.cit.*, pp. 66-68.

⁹⁴ MÉXICO: Código Nacional de Procedimientos Penales, 2016, artículo 2.

⁹⁵ BAYTELMAN Andrés y Mauricio DUCE. *Manual de Litigación en Juicios Orales.*, *Op.cit.*, p.152.

⁹⁶ BENAVENTE, Hesbert. *Estrategias para el desahogo de la prueba en el juicio oral.*, *Op. cit.*, p.140

penal por parte de los expertos y jueces, se encuentra contenido en la integridad de los especialistas, los métodos practicados y los resultados obtenidos, resaltando la relevancia de las pruebas con carácter científico.⁹⁷ Todo lo anterior conduce a un estado de certeza y seguridad en la investigación criminal, en el sistema de justicia penal y en la protección de los derechos humanos de los involucrados.

Ahora bien, desde una postura pesimista, se advierte que en la investigación criminal los problemas que se presentan al interior de la ciencia y la tecnología se agudizan en el desarrollo de dicha investigación y, por lo tanto, los derechos humanos de los involucrados se encuentran en escenarios de vulnerabilidad, además, al momento de ser valoradas las pruebas aportadas de forma tecnocientífica, manifiestan dificultades para su interpretación por parte del juzgador.

Las dificultades que muestra la interacción entre la investigación criminal y las pruebas aportadas pasan por el tratamiento de los posibles errores en los diversos estadios de la investigación forense, que van desde el tratamiento del error, el uso de tecnología, los fundamentos científicos y la opinión del testigo experto. Estos aspectos pueden generar que se interprete erróneamente una investigación y que conduzca a errores en la justicia.

Bajo este planteamiento, a pesar de la construcción de la certeza garantizada por el uso de la ciencia y la tecnología forense, así como de la certeza jurídica debido a la observancia y adecuación de los derechos humanos en el procedimiento penal, los autores expuestos vislumbran destellos del error y su tratamiento en las investigaciones forenses, exponen los errores en la justicia, identifican la opinión exagerada del testigo experto y cuestionan la dificultad de adaptar los derechos procesales basados en los principios de los derechos humanos. Esto muestra que el horizonte es lo contrario a la certeza prometida y entonces se refleja el panorama de incertidumbre.

⁹⁷ GARCIA, Zoraida *et. al.* *Ciencia forense en el nuevo sistema de justicia penal*, 2ª edición, México, Instituto de estudios judiciales, 2018, p. 12.

Por lo tanto, si la incertidumbre es el escenario a investigar Bruno Latour muestra que la opción de iniciar una investigación es precisamente desde las incertidumbres, “(...) paradójicamente, debemos tomar todas las incertidumbres, vacilaciones, dislocaciones y estados de perplejidad como nuestra base”⁹⁸. Normalmente el punto de partida en una investigación es desde la seguridad de las certezas y planteamientos firmes, se ha pasado a segundo plano el análisis de los detalles caóticos, las problemáticas internas, las desviaciones, las contingencias y el error; debido a que la ciencia se ha revestido de racionalidad, eficiencia, orden y estabilidad⁹⁹.

Sin embargo, actualmente no hay una respuesta clara a los niveles de incertidumbre en el sistema de justicia penal, algunas lecturas arrojan luces en el posicionamiento de los derechos humanos como eje rector para cualquier procedimiento; otra respuesta ha sido la unión de diversos países y las propuestas de organismos internacionales que se involucren de forma global con injerencia en los países firmantes.

Resulta necesario un análisis de la interacción que guarda el sistema de justicia penal, la investigación criminal como aportadora de pruebas y el marco de los derechos humanos, es un tema que permite despejar algunas inquietudes del papel que juega las pruebas en el sistema de justicia penal para saber si realmente son garantes en la determinación en un juicio y si los elementos con que cuentan las pruebas son suficientes para su valoración en el proceso penal. Esto con la finalidad de identificar los estados de incertidumbre que se pueden generar, los errores, desviaciones y contingencias que están latentes en las investigaciones criminales, y la percepción de los derechos humanos en esta interacción.

⁹⁸ LATOUR, Bruno. *Reensamblar lo social. Una teoría del actor-red*, Buenos Aires, Manantial, 2008, p. 75

⁹⁹ LYNCH, Michael, *Scientific Practice and Ordinary Action: Ethnomethodology and Social Studies of Science.*, *Op.cit.* pp. 309-319.

Esta incertidumbre como ya se ha planteado también se presenta en los estudios de las ciencias forenses, Roux Claude¹⁰⁰ propone que la concepción dominante de la ciencia forense en auxilio del sistema de justicia penal se encuentra en crisis, debido a que presenta algunas anomalías y limitaciones. Los síntomas de la crisis se han discutido en informes como el de las Academias Nacionales de Ciencias de Estados Unidos de Norteamérica; (NAS 2009 Fortalecimiento de la ciencia forense en los Estados Unidos: un camino hacia adelante). Se combinan con el incremento de los procesos normativos. El autor se cuestiona si estos problemas no son simplemente el resultado de un paradigma inadecuado y la situación finalmente presenta algunas oportunidades para reinventar no solo las pruebas, sino también la ciencia forense. En definitiva, una ciencia distintiva, más robusta y más confiable puede emerger repensando el paradigma forense basado en especialidades y revisando los principios fundamentales de la ciencia del siglo veintiuno.

A pesar de lo anterior surgieron una serie de propuestas para intentar paliar la situación de crisis en la que se encuentra las ciencias forenses, autores como Biedermann¹⁰¹ discuten sobre una propuesta institucional por parte de las autoridades de justicia penal de los países de la UE para participan actualmente en el diálogo y la acción para construir un área común de la justicia, aumentar la confianza en los sistemas judiciales en toda Europa. El fortalecimiento de las garantías procesales para los ciudadanos promoviendo principios como la igualdad de armas¹⁰².

Grupos de trabajo de expertos en el campo de ciencia forense bajo el auspicio de la Red Europea de Institutos de Ciencias Forenses (ENFSI), tienen como objetivo compartir el conocimiento, el intercambio experiencias y llegar a

¹⁰⁰ ROUX, Claude, et. al. "The end of the (forensic science) world as we know it? The example of trace Evidence". (Documento web), revisado 05 de abril 2018, disponible en: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/>

¹⁰¹ BIEDERMAN, Alex. "Development of European standards for evaluative reporting in forensic science: The gap between intentions and perceptions" en *The International Journal of Evidence & Proof*, Vol.21, num. 1-2, 2017, pp. 14-29.

¹⁰² *Ídem*.

acuerdos mutuos en asuntos relacionados con la práctica de la ciencia forense, entre ellos, la interpretación de los resultados de los exámenes forenses.

Aunque está llena de obstáculos conceptuales y prácticos los profesionales de la ciencia forense muestran que hay una considerable brecha entre las intenciones de una visión armonizada de los principios de interpretación forense y la forma en que se perciben los trabajos hacia esa comprensión común en la comunidad. La capacitación, educación e interpretación forense ahora es de vital importancia.

Marina Gascón¹⁰³, plantea la necesidad de discutir respecto al paradigma de la individualización que consiste en que el perito puede hacer identificaciones entre una evidencia desconocida con la fuente que produjo o dejó dicha evidencia relacionada a un evento delictivo, en lugar de inclinarse más por el paradigma de verosimilitud donde los resultados se dan en cuestiones de probabilidad frente a las demás evidencias presentadas. La fuerza del paradigma de la individualización se encuentra a decir de la autora en la aparente seguridad que le da al sistema de justicia, sin embargo, muchas veces puede estar en duda la seguridad de las afirmaciones con las que se presentan las pruebas bajo ese paradigma, de esta manera se esboza un escenario de incertidumbre por la actitud identificadora y la calidad de probanza que puede establecer las pruebas bajo el paradigma de la individualización.

Los escenarios de incertidumbre como se ha visto se presentan en dos ejes; por un lado, en la ciencia y tecnología aplicada en la investigación criminal, por otro lado, en la valoración que se le hace a las pruebas aportadas dentro del proceso penal. Para Zoraida García y otros, algunos retos epistemológicos que el actual sistema de justicia presenta son: que las pruebas están sujetas a la controversia entre las partes y bajo escrutinio de ellas; por lo anterior se requieren de estándares de prueba durante el proceso, ya que no son los mismos durante las diferentes

¹⁰³ GASCON Abellán, Marina. "Razones científico-jurídicas para valorar la prueba científica: una argumentación multidisciplinar", en *Diario la ley*, España, Año XXXI, Número 7481, 4 de octubre de 2010. Pp. 1-9.

etapas procesales donde el estándar de la sentencia debería ser más alto que en las demás etapas. Sin embargo, para quienes procesan dichas pruebas el estándar es el mismo desde que se inicia a procesar hasta que se presenta y explica en un juicio, no así en los criterios procesales¹⁰⁴.

Otro aspecto es que la prueba al desahogarse como un testimonio debido a la oralidad del sistema, la tendencia se ha cargado hacia el mejor argumento más que el contenido de las conclusiones, se ha vuelto una contienda retórica más que una contienda basada en un sustento con razonamientos científicos. Y por último, la valoración del juez es libre, de la prueba tasada a la libertad probatoria y la libertad de valorarla, pero, tiene principios que debe seguir el juzgador dentro de esa libertad, tales como la sana crítica, las máximas de la experiencia; sin embargo, no se ha terminado de definir los criterios mínimos de estos principios ya en la ejecución de las sentencias¹⁰⁵.

Como fue señalado en los párrafos iniciales, la ciencia y la tecnología le pueden dar bases al derecho para sustentar el tipo de decisiones que debería tomar, pero como menciona José Esteve¹⁰⁶ el mismo avance de la ciencia en la toma de decisiones está marcado por la incertidumbre a la que se enfrentan la propia ciencia. Esta característica de incertidumbre en la propia ciencia plantea un reto al derecho debido a que las instancias públicas con responsabilidades en la toma de decisiones, como es el caso del derecho penal, no pueden desistir su función en la toma de decisiones a pesar de los escenarios de incertidumbre que el campo científico manifieste, a pesar de ello debe tomar determinaciones judiciales con efectos directos en la vida y situación jurídica de las personas.

Como bien afirma Esteve, la incertidumbre se ha convertido en el punto de reunión de las corrientes filosóficas de la postmodernidad¹⁰⁷ y el aporte de la

¹⁰⁴ GARCÍA Castillo, Zoraida *et. al.* *Temas de vanguardia en ciencia forense*, México, Tirant lo Blanch, 2018.

¹⁰⁵ *Ídem*.

¹⁰⁶ ESTEVE, José y Javier, TEJEDA. *Ciencia y Derecho: La nueva división de poderes*. México, Fontamara, 2016, pp. 10-11.

¹⁰⁷ Citando dos ejemplos que propone Esteve son el deconstruccionismo de Jacques Derrida y la contingencia de Richard Rorty. Para ahondar en el tema se recomienda al lector ESTEVE, José y Javier, TEJEDA. *Ciencia y Derecho: La nueva división de poderes.*, *Op. Cit.* Pp. 13-16.

filosofía es el conocimiento, la crítica, el debate, pero, como manifiesta Esteve de la filosofía no se espera la toma de decisiones o resolución sobre controversias legales, esto es, que la incertidumbre científica y de carácter filosófico le plantea al Derecho un reto del cual no se puede abstraer, este reto es la toma de decisiones bajo esas condiciones de incertidumbre¹⁰⁸. Continuando con el autor es una atribución de doble característica, por un lado, el reto en la toma de decisiones bajo escenarios de incertidumbre es lo que determina al Derecho, por otro lado, esto mismo le adhiere una serie de complicaciones y cargas en cuanto a las malas determinaciones o atribuciones incorrectas de los hechos cuando se presentan estas incertidumbres en el campo científico.

Decidir bajo un escenario de incertidumbre acerca de los hechos que se pretenden corroborar, con las pruebas que se utilizan para ello de tal manera que se tenga un conocimiento correcto de los hechos, implica que las autoridades que determinan los hechos se formen una creencia acerca de lo ocurrido en el pasado, el problema se presenta porque no hay seguridad de que la creencia del juzgador constituye la totalidad de los hechos del caso. De tal manera que Jerome Frank citando a Hand manifiesta “Debo decir que si fuera un litigante temería a un pleito por sobre casi todas las demás cosas, salvo la enfermedad y la muerte¹⁰⁹”. La toma de decisiones en estos escenarios y corroborando hechos que se atribuyen al pasado con estos elementos aumenta la posibilidad de una mala atribución de los hechos. Por lo tanto, un primer paso es identificar que a pesar de los avances científicos y tecnológicos los escenarios de incertidumbre se seguirán manifestando.

Atendiendo a la constante posibilidad de atribuir hechos erróneos, Larry Ludan describe dos tipos de errores epistemológicos que pueden suceder en un juicio, que son las condenas falsas y las absoluciones falsas, el objetivo de reconocer estos dos errores es que pueden distribuirse, porque, nunca se podrán eliminar. Se puede interpretar que los dos tipos de errores epistemológicos son un

¹⁰⁸ ESTEVE, José y Javier, TEJEDA. *Ciencia y Derecho: La nueva división de poderes.*, Op.cit., pp. 9-16.

¹⁰⁹ FRANK, Jerome. *Derecho e incertidumbre*, México, Fontamara, 2012, pp. 25-27.

estado de incertidumbre para el sistema de justicia penal y en la valoración de la prueba. Es común pensar que el error únicamente ocurre cuando se rompe una regla probatoria, sin embargo, el autor sostiene que los errores también pueden suceder por cuestiones lógicas o epistemológicas, como ya se mencionó se centra el veredicto en dos vertientes: cuando una persona es genuinamente culpable y es absuelto, y cuando una persona que es genuinamente inocente y se ha declarado culpable, el autor los define como un falso hallazgo exculpatório para el primero y para el segundo un falso hallazgo inculpatório¹¹⁰.

Estos errores evidentemente muestran un estado de incertidumbre en el proceso penal, pues si una persona que cometió un delito es exculpada de su responsabilidad es un claro ejemplo de un estado de incertidumbre pero peor aun, si una persona es hallada culpable cuando verdaderamente era inocente es un estado de incertidumbre mayor por las consecuencias que una condena falsa trae a colación y sin lugar a dudas, en ambos casos estos escenarios de incertidumbre vulneran los derechos humanos de las personas en un proceso penal.

Laudan, propone que estos dos errores epistemológicos no se pueden eliminar, por lo que se deben distribuir de una manera que afecte lo menos posible al estado social, "existe la sospecha de que las condenas falsas son más costosas que las absoluciones falsas"¹¹¹ porque la carga social de condenar a un inocente es más fuerte que la de absolver a un culpable, entonces, se tiene que distribuir estos dos errores de tal manera que cuando ocurra un error sea por una absolución falsa y no por una condena falsa. El postulado de Laudan para la distribución de los errores epistémicos es por medio de un estándar de prueba. El estándar de prueba define el umbral mínimo necesario para tener por probada una hipótesis. De esta manera, se ha establecido un umbral de prueba alto con la finalidad de otorgar al acusado los beneficios de la duda.

El objetivo del estándar de prueba como mecanismo para la distribución de los errores ya planteados por el autor, es lograr determinar si estos estándares

¹¹⁰ LAUDAN, Larry. *Verdad, Error y proceso penal. Un ensayo sobre epistemología jurídica.*, Op,cit., pp. 21-47.

¹¹¹ *Ibidem*, pp 115.

realmente ayudan en una efectiva distribución del error. El problema que el autor señala es que los estándares de prueba son generalmente subjetivos expresando su nivel de convicción como: convicción permanente, certeza moral, creencia bien establecida, consciencia satisfecha, convencimiento firme, convicción íntima y libre convicción¹¹². Pero la confianza en el estándar de prueba no se debe inclinar por la convicción subjetiva, sino como bien manifiesta el autor “(...) en términos de vínculo inferencial que debe existir entre las pruebas disponibles y la hipótesis de que se trata a los efectos de poder considerar tal hipótesis como una proposición probada”¹¹³. Por lo tanto, un estándar de prueba que pretenda distribuir el error, es decir, enfrentar un estado de incertidumbre en el proceso judicial debe ser claro para que sea entendido, debe ser objetivo en cuanto a la estructura de las pruebas que ofrecen las partes y no depender de las corazonadas subjetivas, y por último debe tener en mente un consenso social que determine la proporcionalidad razonable en esta distribución del error entre las absoluciones verdaderas frente a las condenas falsas.

Este capítulo mostró la importancia en la toma de decisiones judiciales por parte del juzgador, para ello requiere de pruebas que le brinden confianza en su toma de decisiones. La prueba pericial y particularmente la prueba de genética forense, puede aportar información que en conjunto podría determinar la condena o absolución de una persona, además de una justa reparación a las víctimas y una percepción de que el sistema de justicia funciona. A pesar de lo anterior, los juzgadores y quienes trabajan con la información que aporta los resultados de la genética forense se enfrentan a dilemas tan añejos y cercanos como el hecho de valorar esta información por su carácter científico, lo cual se advirtió en las sentencias en donde puede haber un uso excesivo del énfasis científico como conocimiento válido, pero el problema no está en caer en el exceso de la sobrevaloración de la prueba ni en el desconocimiento de sus principios y por lo tanto el desistimiento de estas, la exigencia siguiendo a los y las autoras citadas se encuentra en la calidad de la prueba y su credibilidad como aporte al conocimiento

¹¹² LAUDAN, Larry. *Verdad, Error y proceso penal. Un ensayo sobre epistemología jurídica.*, Op,cit., pp. 125.

¹¹³ *Ibidem*, pp. 130.

de la causa. Pero este esfuerzo en mejorar al interior de los laboratorios y después un esfuerzo en valorar estos resultados conforme al derecho implica una posible afectación de derechos humanos que es menester abordar, ya que el objetivo en un sistema de justicia es garantizar la protección de estos derechos y evitar la vulneración de los mismos, por lo tanto, los siguiente capítulo aborda los esfuerzos que la práctica en genética forense ha realizado para mejorar sus resultados y garantizar la protección de los derechos humanos de las personas.

Direcció General de Biblioteques UAQ

Capítulo III

Acreditación del laboratorio de genética forense

La acreditación de los laboratorios forenses fue una de las respuestas a los cambios que se suscitan en el sistema de justicia penal en auxilio de los procesos judiciales. Las instituciones y organismos que impulsaron la reforma al sistema de justicia penal demandaron un acceso a la justicia avalado por un proceso penal de carácter objetivo y científico respaldado por los laboratorios forenses que emiten pruebas para la corroboración de los hechos delictivos. La información que brindan estos laboratorios en sus resultados sustenta hechos que se debaten en el proceso judicial. Por lo anterior, estos resultados generan confianza para la toma de decisiones judiciales. Las instituciones de gobierno ante estos cambios apostaron para que el sistema de gestión de calidad se establezca como requisito para la acreditación de los laboratorios forenses y de esta manera asegurar los resultados más fiables bajo estándares de calidad que se guían por las competencias del laboratorio forense.

Pese a estos esfuerzos en emitir los resultados de los laboratorios forense con el sello de calidad y su impacto en la toma de decisiones judiciales, existen antecedentes bibliográficos y grupos de estudio especializados como los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad que discutieron de manera crítica algunas problemáticas de los laboratorios más especializados como es el caso del laboratorio de genética forense. Además, de manera conjunta surgieron grupos de trabajo y consejos gubernamentales encargados de revisar el papel de las ciencias forenses en el sistema de justicia penal y los resultados provocaron cambios al interior de las instituciones que investigan los delitos.

El presente capítulo aborda el proceso de acreditación del laboratorio de genética forense. La elección de este laboratorio se debe a que sus técnicas y procedimientos se encuentran estandarizados y las comunidades de expertos han realizados esfuerzos para ello. Además, los procedimientos técnicos y científicos en este laboratorio son más sofisticados, poseen instalaciones, instrumentos, equipos

y perfiles de expertos con la experiencia apropiada. Por último, los resultados de los laboratorios de genética forense son una de las pruebas más comunes y confiables para los tribunales judiciales, pero, existe una tendencia en abusar de sus resultados así como sobre interpretarlos, esto implica un despliegue más profundo en su estudio para entender estos procedimientos, las técnicas aplicadas, lo esencial en sus fundamentos científicos, la forma en la que se comunican los resultados, la interpretación de estos resultados y el aporte al sistema de justicia penal.

Es indudable el valor que los resultados del laboratorio de genética forense han aportado para responder a las necesidades del ambiente judicial, en este sentido, la estandarización ha jugado un papel fundamental para lograr dichos avances, aunque existen todavía algunas adecuaciones muy puntuales orientadas al tema de las ciencias forenses y la relación con la normatividad internacional que ampara una acreditación, la evolución de los laboratorios en conjunto con la estandarización muestra los avances ya mencionados. En primer término, se revisa de manera teórica la importancia de la estandarización y la acreditación del laboratorio de genética forense que nos abre camino para comprender su influencia y sus nuevos retos. Después, se describe la acreditación de los laboratorios en México y el uso de las normas internacionales adaptadas a nuestro país para la acreditación del laboratorio de genética forense.

3.1. La estandarización y acreditación del laboratorio de genética forense

El laboratorio de genética forense se ha constituido por los procesos de estandarización, resultado de una serie de acontecimientos, implementaciones técnicas y tecnologías innovadoras con procesos que cambiaron y continúan cambiando de manera constante. El laboratorio de genética forense aplica y desarrolla una serie de técnicas que hacen posible llegar a la identificación humana, objetivo final del laboratorio; una manera de acercarse al análisis de la estandarización del laboratorio de genética forense es por medio de estas técnicas

que el laboratorio utiliza, con el avance de estas técnicas y las diversas tecnologías se podrán enmarcar estos procesos de estandarización en el laboratorio.

La literatura especializada en los años noventa centró su atención en la importancia de acreditar los procedimientos que se llevaban a cabo al interior de los laboratorios de genética forense. Ángel Carrecedo y otros¹¹⁴ contestan dos preguntas interesantes para la discusión, ¿Por qué los estándares son tan importantes? y ¿Qué estándares son necesarios? Respecto a la primera pregunta, en la experiencia de la Unión Europea describe 5 características que hacen importante los estándares: el control de calidad, las segundas opiniones, la experiencia, la comparabilidad de datos y los procedimientos de búsqueda¹¹⁵. El control de calidad garantiza a los jueces, jurados y la sociedad que las pruebas realizadas por el laboratorio son confiables debido a la eficiencia del mismo, esto es posible porque hay un acuerdo sobre la normatividad para desarrollar programas que aseguren la garantía y control de calidad. Las segundas opiniones implican cierto acuerdo entre laboratorios respecto al trabajo forense, por ejemplo, estandarizar un sistema genético implementado lo que permite una segunda opinión de los resultados que son respaldados por el acuerdo inter laboratorio. La experiencia hace alusión a la posibilidad de acordar en el uso de marcadores genéticos, de esta manera, todo el conocimiento adquirido sobre este sistema beneficiaría a quienes lo usan pues la experiencia se amplía y comparte. La comparabilidad de datos hace que estos sean compatibles con la información de otras bases de datos, esto permite intercambiar información que se puede lograr si se estandariza los criterios de comparabilidad, por último, los procedimientos de búsqueda se establecen para que los estándares en las técnicas del ADN permitan ser compatibles para combatir la delincuencia transnacional muy común en la región europea debido a la libre movilidad en dicha zona.

Los autores citados manifiestan que son dos tipos de estándares necesarios, el estándar técnico y el estándar de procedimiento. El primero revisa los sistemas

¹¹⁴ CARRACEDO, Ángel et.al. "Forensic DNA analysis in Europe: current situation and standardization efforts", en *Forensic Science International*, s.l., 86, 1997, pp.88-89.

¹¹⁵ *Ídem*.

genéticos, la nomenclatura, los métodos estadísticos para evaluar la evidencia, la metodología y la comunicación del informe. Los estándares de procedimiento revisan cuestiones como la acreditación de laboratorio, el desempeño de laboratorio, certificación del personal, registros de mantenimiento y pruebas de competencia.

Otra forma de visualizar la importancia que los estándares presentaban en la década de los noventa Kathleen Jordan y Michael Lynch¹¹⁶ describen como una de las técnicas que se utilizan en el laboratorio de genética forense puede servir para explicar el proceso de estandarización, en este caso la técnica de reacción en cadena polimerasa PCR (*Polimerasa Chain Reaction*) por sus siglas en inglés, hace una amplificación o muchas copias de secciones específicas del ADN y después reproduce esta parte del ADN que le permite hacer análisis de identificación. Esta técnica tiene antecedentes en su estandarización, regulación y normalización que valdría la pena conocer para contextualizar la estandarización del laboratorio.

Para Jordan y Lynch¹¹⁷ la técnica PCR es un buen ejemplo de estandarización porque ha logrado estabilizarse por medio de su uso estándar en diversos campos de investigación: laboratorios de investigación universitaria en campos biológicos y biomédicos, laboratorios históricos y arqueológicos, la industria hospitalaria, los laboratorios de investigación clínica para diagnósticos y por supuesto en los laboratorios forenses. Los autores desarrollaron su estudio desde la construcción social de la tecnología, que va rastreando tipos particulares de artefactos tecnológicos o sistemas tecnológicos que pueden ser desde la bicicleta, la computadora y hasta un detector de ultrasonido. Los estudios de la construcción social de la tecnología observan que, en estos casos, su diseño surge no únicamente por su eficiencia, sino que también influye las contingencias, el

¹¹⁶ JORDAN Kathleen y Michael LYNCH. "The Dissemination, Standardization and Routinization of a Molecular Biological Technique" en *Social Studies of Science*, Vol. 28, núm 5/6, octubre-diciembre de 1998, p. 775.

¹¹⁷ *Ídem*

contexto, la comercialización y la recepción pública¹¹⁸, es decir, estos estudios toman en cuenta los intereses, los usos y los rechazos de la técnica.

Jordan y Lynch notan que la estabilidad de una técnica como la PCR se logra debido a que la técnica se nombra, se patenta, se comercializa y se automatiza, por lo tanto, al recibir un nombre y describir los protocolos para efectos de la instrucción práctica hay una definición legal y una transacción comercial de la técnica estabilizada. Aunque es importante recalcar que una descripción compleja de la técnica no es tanto por las preocupaciones académicas y que influya en el buen entendimiento de su aplicación, más bien, esta profusa descripción se hace por el tema de los derechos de patentes, ya que cada palabra en cada oración del documento de patente debe estar diseñado para un posible reclamo de propiedad o cubrir futuras líneas de innovación más que para describir la invención actual¹¹⁹. La estandarización también toma en cuenta la aplicación del diseño y monitoreo de los protocolos en los laboratorios, utiliza herramientas y reactivos comerciales, la relación de los materiales con la calibración de los equipos, el uso de los termocicladores y los kits que utilizan en dicha técnica de PCR¹²⁰.

Ahora bien, esta técnica de PCR efectivamente muestra el contexto en la producción de su estabilidad dentro del laboratorio, pero, presenta dos caras de la moneda, los autores plantean que si bien, el desarrollo estandarizado de la técnica implica una reducción de los requisitos de habilidades que consecuentemente disminuirá la participación de personal experto y con ello ahorrar mano de obra calificada en los laboratorios, además de ahorrar tiempo en el proceso técnico de análisis; no obstante, al comprar los diversos productos patentados de la PCR los laboratorios deben pagar ya sea directa o indirectamente regalías, la inflación de los precios, restricciones de licencias entre otras cosas que al final quizá el ahorro no

¹¹⁸ JORDAN Kathleen y Michael LYNCH., *Op.cit.* pp.775

¹¹⁹ *Ibidem.* pág. 783.

¹²⁰ Los kits comerciales contienen cantidades premeditadas de reactivos termoestables para que se puedan utilizar los equipos e instrumentos sofisticados de la PCR.

sea tan funcional, o no represente un verdadero beneficio para los laboratorios que prefieren estos productos¹²¹.

Se debe tomar en cuenta que la estandarización tiene presente la recolección de la muestra antes de llegar al laboratorio, en este punto resaltan dos aspectos, por un lado, la participación de personal ajeno al laboratorio quien tiene la responsabilidad de procesar la muestra hasta la llegada al laboratorio y todo lo que ello implica. Por otro lado, la aplicación de técnicas estandarizadas como es la PCR deviene de una serie de cambios cuantitativos y cualitativos en los resultados de las muestras; entonces que se conozca su sensibilidad, formas de contaminación, levantamiento y resguardo de la muestra, traslado al laboratorio, entre otras actividades implican que la estandarización se extienda más allá del laboratorio porque es trascendente al origen y procesamiento de la muestra que será analizada.

Ya para el año 2000 Butler, Tomsey y Kline¹²² observan que la estandarización para la validación de los procedimientos utilizados en la tipificación forense de ADN es necesaria para garantizar los resultados, se advierte nuevamente que la dinámica y los constantes cambios que presentan las nuevas metodologías en las pruebas de ADN representan cambios y avances en la estandarización; cada técnica adoptada, cada equipo incorporado debe llevar su procedimiento de validación, lo que demostrara que la técnica adopta es robusta, reproducible y confiable¹²³. Existen dos tipos de validaciones: la externa, desarrollada por el fabricante que comercializa los kits o la técnica; y la interna, llevada por el laboratorio forense en particular cubriendo las necesidades específicas que requiera el laboratorio. La propuesta de los autores radica en establecer un modelo de

¹²¹ JORDAN Kathleen y Michael LYNCH., *Op.cit.* Pp. 775-783.

¹²² BUTLER John, Christine TOMSEY y Margaret KLINE. "Can the Validation Process in Forensic DNA Typing Be Standardized?". (Documento web) 2004, revisado el 6 de diciembre 2019, disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.7875&rep=rep1&type=pdf..>

¹²³ Un método robusto es aquel en el que se obtienen resultados exitosos en un alto porcentaje del tiempo y pocas muestras, si es que hay alguna, deben repetirse. Un método confiable se refiere a uno en el que los resultados obtenidos son precisos y reflejan correctamente la muestra que se está analizando. Un método reproducible significa que se obtienen los mismos resultados o muy similares cada vez que se analiza una muestra. Los tres tipos de métodos son importantes para las técnicas realizadas en laboratorios forenses. (<https://strbase.nist.gov/validation.htm>).

estandarización para la validación que satisfaga las necesidades de la comunidad de tipificación forense, que se puedan realizar de manera más rápida y con mayor confianza. Aquí se pueden resaltar dos cosas: que la validación es un procedimiento de estandarización, y que la propia estandarización del modelo de validación, es una meta también dentro de los procedimientos de estandarización, son dos esfuerzos la estandarizar de la validación como tal y el proceso de validación de la técnica¹²⁴.

En este mismo orden para Butler¹²⁵, los estándares internacionales en los laboratorios de genética forense son dos tipos, los estándares documentales que proporcionan requisitos específicos para la operación y descripción de un laboratorio; y los estándares de medición que ayudan en la calibración de las mediciones del propio laboratorio. En este sentido, lo que el autor citado alcanza a apreciar es que los laboratorios de genética forense tienen una base sólida y científica en comparación con otras disciplinas forenses debido al uso de métodos y materiales estándar en toda la comunidad científica para producir mediciones de calidad¹²⁶. Los estándares de calidad aplicados en la tecnología del ADN forense abarcan cuestiones tales como las bases de datos de ADN, la automatización, sistemas internos, los métodos de tipificación y métodos de interpretación.

En este proceso de estandarización valdría la pena mencionar algunos aspectos que resultan importantes y hace posible el desarrollo del laboratorio que resulte relevante para el sistema de justicia. Son tres los aspectos técnicos en la estandarización de sus procesos que Butler desarrolla y aquí se mencionan: las normas de datos, los marcadores centrales y la nomenclatura de alelos. Las normas de datos se refieren a la estandarización de los formatos de datos esenciales para comparar de manera efectiva la información entre los laboratorios, deben ser el mismo conjunto de marcadores de ADN, la descripción de los resultados del marcador de ADN debe ser coherente de una prueba a otra y la información debe

¹²⁴ BUTLER John, Christine TOMSEY y Margaret KLINE. *Op. cit.*

¹²⁵ BUTLER John. "U.S. Initiatives to Strengthen Forensic Science & International Standards in Forensic DNA", en *Forensic Science International: Genetics*, s.l., Serie 18, 2015, pp. 4-20.

¹²⁶ *Ídem.*

estar en un formato de datos común para compartirlos y comparar los resultados entre diferentes laboratorios. En lo que ve a los marcadores centrales de tipificación de ADN deben utilizar un conjunto común de marcadores estandarizados que sean compartidos en distintos laboratorios. Y por último, la nomenclatura de alelos es la designación uniforme de los llamados alelos STR en la tipificación forense mediante la comparación de los tamaños de los fragmentos de ADN en los perfiles genéticos que miden la misma región de ADN¹²⁷. Como se puede observar es fundamental la estandarización en cuanto a procesos, técnicas e interpretación de resultados, lo que permite intercomunicarse entre laboratorios y a su vez compartiendo estos procedimientos estandarizados le ha dado fuerza al laboratorio de genética forense.

3.2. Debate teórico de la prueba de genética forense

El apartado anterior resalta la importancia de la estandarización en la tecnología de la genética forense, con la tendencia hacia el control de calidad de los laboratorios y una serie de ventajas que se volvieron imprescindibles para el buen funcionamiento de estos laboratorios, sin embargo, esta necesidad no se dio de manera espontánea y únicamente en relación directa con una mejora constante de los laboratorios forenses, estos cambios también fueron posibles debido a una serie de contingencias que sin ellas los avances en el laboratorio de genética forense no se hubieran dado. Se pueden establecer dos momentos sin ser los únicos, pero quizá sí los más importantes, el primero fue el caso de O.J. Simpson en los años noventa que posteriormente se convirtió en un evento mediático, pero que sin lugar a dudas dejó precedentes en la forma que operan los laboratorios de genética forense y su aplicación en casos judiciales. El segundo momento tiene que ver con una serie de problemáticas que enfrentaron las ciencias forenses debido a la sustentación de sus planteamientos y fundamentos teóricos, técnicos y científicos como ciencias forenses, probablemente la ciencia forense menos cuestionada fue

¹²⁷ BUTLER John. *U.S. Initiatives to Strengthen Forensic Science & International Standards in Forensic DNA.*, *Op.cit.* Pp. 4-20.

la de genética, pero pone en contexto algunas problemáticas inherentes a las ciencias forenses y en escrutinio a los resultados de los laboratorios.

Respecto al primer momento el caso de O.J. Simpson en los años noventa fue discutido ampliamente por los estudios de CTS, dos de los representantes de esta corriente teórica son quizá quienes mejor analizaron la problemática, Michael Lynch y Sheila Jasanoff. Lynch¹²⁸ deja ver que existen dos debates concernientes a los aspectos generales de las pruebas de genética forense, que son los procesos de recolección de las muestras biológicas obtenidas de los lugares de investigación y las muestras de referencia de los sospechosos o de las víctimas. El otro aspecto es la precisión de la estimación cuantitativa de la frecuencia con la que deben ocurrir coincidencias aleatorias entre los perfiles de ADN entre personas en un grupo o subgrupo de población.

Sheila Jasanoff¹²⁹ pone en debate el monopolio de la visión que el experto detenta en una audiencia de juicio criminal, en este caso el experto en genética forense tiene una posición de privilegio al presentar la prueba. La autora cuestiona cómo se construye visualmente el monopolio de la vista. Jasanoff se pregunta respecto a qué observan los jueces y el jurado (en la tradición anglosajona) cuando miran la evidencia del ADN y qué hace su experiencia visual similar o diferente de los expertos, cuando el experto muestra una evidencia pasada por un análisis de laboratorio la experiencia de ver y explicar lo que el experto ve y hacer que todos puedan ver lo que el experto ha logrado observar después de largo tiempo de entrenamiento técnico y científico es lo que se vuelve controversial.

Saul Halfon¹³⁰ pone otro elemento a partir del caso de OJ Simpson y su interpretación en el proceso judicial, esto es, cuando se encuentra en juicio una persona y cuenta con los recursos económicos y jurídicos para contratar una equipo

¹²⁸ LYNCH, Michael. "The Discursive Production of Uncertainty: The OJ Simpson 'Dream Team' and the Sociology of Knowledge Machine", en *Social Studies of Science*, s.l., vol.28, No. 5/6, 1998, págs. 829-868.

¹²⁹ JASANOFF, Sheila. "The Eye of Everyman: Witnessing DNA in the Simpson Trial", en *Social Studies of Science*, 28 (5-6), 1998, págs. 713-740.

¹³⁰ HALFON, Saul. "Collecting, Testing and Convincing: Forensic DNA Experts in the Courts", en *Social Studies of Science*. 36, (5), 2006, págs.783-807.

de abogados como el que representó a O.J. Simpson, es donde se pone en escrutinio los resultados de los laboratorios forenses como el caso de la genética, nuevamente surge la constante en que una de las fallas en los resultados son los estudios pre analíticos, es decir, en todo aquello que se realiza antes de llegar al laboratorio. En el apartado anterior se observa que la recolección todavía no es parte importante para los resultados del laboratorio. Continuando con Halfon¹³¹, se preocupa por dos situaciones, la primera ya expuesta referente a que sale a la luz estas contingencias hasta que los sistemas de justicia y los laboratorios tradicionalmente bien afianzados en su técnica son interpelados en un verdadero esfuerzo de igualdad técnica, científica, jurídica entre otras; y la segunda preocupación es ¿Qué ocurre con los casos cotidianos?¹³², esto es, que en la mayoría de los casos que se utilizaron pruebas de laboratorio para tomar una determinación a cuántos de estos casos pudieron haber aplicado los mismo cuestionamientos y controversias técnicas a favor de su defensa.

El segundo momento en relación a los dilemas de las ciencias forenses John Butler¹³³ muestra en su artículo que existen antecedentes claros que proponen la estandarización por medio de la acreditación de los laboratorios forenses, uno de ellos fue la identificación errónea en el atentado de Madrid en el año 2004 por parte de los examinadores de huellas dactilares del FBI¹³⁴. Después de estos acontecimientos la Academia Nacional de Ciencias de EUA realizó un estudio acerca del estado que se encontraban las ciencias forenses. Del año 2007 al 2008 se formó un comité de 17 miembros quienes publicaron quizá uno de los textos más emblemáticos para las ciencias forenses y que influyó en muchos países. Este informe es conocido como: “*Strengthening Forensic Science in the United States: A*

¹³¹ HALFON, Saul. *Op.cit.* Pp.783-807.

¹³² El autor los describe como mundanos, es decir, los casos comunes y cotidianos que no tienen para pagar un equipo de defensa como el de O.J. Simpson.

¹³³ BUTLER John. “U.S. initiatives to strengthen forensic science & international standards in forensic DNA”, en *Forensic Science International: Genetics.*, *Op,cit.* Pp. 4-20.

¹³⁴ En Estados Unidos fue arrestado Brandon Mayfield, debido a que los expertos forenses del FBI determinaron que una huella dactilar encontrada por los investigadores españoles relacionada a los eventos delictivos y encontrada en los explosivos del atentado pertenecía a Mayfield. Más adelante, se determinó que había sido una mala identificación y el indicio dactilar correspondía a otra persona.

Path Forward" del National Research Council de EUA, establece una serie de recomendaciones para mejorar las ciencias forenses y las disciplinas forenses, observando una inclinación a la estandarización en diferentes sentidos tales como: establecer la terminología estándar que se utilizará para informar y testificar sobre los resultados de las investigaciones de ciencias forenses, la investigación del sesgo y el error del observador humano en los exámenes forenses y el desarrollo de procedimientos operativos estándar para minimizar el posible sesgo y error, se exige la acreditación de todos los laboratorios e instalaciones y exige la certificación individual de profesionales de ciencias forenses.

3.3. La estandarización y las necesidades de la aplicación forense

El trascurso de estandarización del laboratorio de genética forense ya entrada la primera década del año 2000 en adelante la normativa internacional ha jugado un papel decisivo en la gestión de los laboratorios, tal es el caso de la norma internacional ISO/IEC 17025 que ha sido la principal referencia para llevar a cabo las acreditaciones de los laboratorios que aplican la estandarización de sus procesos y la gestión del laboratorio, sin embargo, Wilson, Brandi y Gutowski¹³⁵ advierten la necesidad de diseñar estándares para aplicaciones en el campo forense, pues la norma ISO/IEC 17025 únicamente describe requisitos generales de los laboratorios de ensayo y calibración. Por esta razón países como Australia por medio de la *National Association of Testing Authorities* (NATA) están diseñando estándares que proporcionen orientación a los laboratorios forenses debido a que muchos procesos forenses y analíticos no se abordan con suficiencia¹³⁶. Esta asociación australiana desarrolló un documento de aplicación de campo, *Field Application Document* (FAD) con la finalidad de orientar a los laboratorios forenses acreditados por la NATA. Este marco estratégico consta de cuatro estándares de

¹³⁵ WILSON-WILDE Linzi, James BRANDI y Stephen GUTOWSKI. "The future of forensic science standards", en *Forensic Science International: Genetics Supplement*, s.l. Serie 3, diciembre 2011, pp. 333-334.

¹³⁶ *Ídem*.

análisis forenses que son: Análisis forense Parte 1: reconocimiento, registro, recuperación, transporte y almacenamiento de material; Análisis forense Parte 2: Análisis y examen de material; Análisis forense Parte 3: Interpretación de resultados; y Análisis Forense Parte 4: Informe de resultados y conclusiones¹³⁷. Su objetivo es proporcionar un marco integral aplicable a la mayoría de las disciplinas de ciencias forenses.

El desarrollo de los estándares según los autores se encuentra respaldado por un grupo de trabajo compuesto por profesionales con experiencia. Los borradores desarrollados se envían a un Comité de Análisis Forense de Estándares de Australia, este Comité se compone por organizaciones interesadas, representantes de la defensa del consumidor, educadores científicos y legales; siendo reconocido por el gobierno australiano. El objetivo de este Comité es desarrollar un borrador de estándares para la ciencia forense que pueda ser publicado como estándares australianos¹³⁸. Es interesante ver que este es un esfuerzo local por integrar un requisito internacional como es la acreditación de los laboratorios basándose en la norma internacional ISO, pero existe un esfuerzo por parte de los investigadores y autoridades de Australia para contextualizar la normativa internacional a las necesidades de la ciencia forense en Australia ya que actualmente no hay estándares internacionales publicados en ciencias forenses.

De manera similar Jacewicz y Iyavob¹³⁹ encuentran la estandarización como una necesidad para que las pruebas de ADN tengan una calidad alta en auxilio de la justicia en Polonia. De esta manera se aprovecha al máximo el progreso tecnológico y dinámico que representa la genética forense, para ello, se requiere la cooperación de organismos e instituciones profesionales¹⁴⁰. Entonces, para que se garantice la calidad de los resultados en los laboratorios de genética forense es indispensable su acreditación por medio de la norma ISO/IEC

¹³⁷ WILSON-WILDE Linzi, James BRANDI y Stephen GUTOWSKI., *Op.cit.* Pp. 333-334.

¹³⁸ *Ídem*

¹³⁹ JACEWICZA Renata, Sasitaran IYAVOOb. "Standardization in forensic genetics—A multifaceted challenge in Poland", en *Forensic Science International*, s.l., Serie 7, diciembre 2019. Pp.903-905.

¹⁴⁰ *Ídem*.

17025, pero, lo que encuentran los polacos es que esta acreditación no garantiza la más alta calidad de las pruebas de ADN, ni garantiza que se implementen soluciones actualizadas provenientes del campo científico de la genética forense, que como bien se sabe es un campo muy dinámico y con un proceso tecnológico acelerado. Para que se tenga la más alta calidad en las pruebas de genética forense no basta con la acreditación del laboratorio se necesita un factor clave en la educación especializada, la competencia técnica y altos estándares éticos y morales de los expertos en genética forense¹⁴¹.

Esta apuesta a la más alta calidad de la prueba de genética forense por medio de la educación especializada, la competencia técnica y los altos estándares éticos y morales de los expertos, se visualiza por medio de su estandarización que surge de las recomendaciones de los países de manera local por parte de los propios expertos y los organismos interesados, muy parecido al caso australiano en retomar las características locales de la ciencia forense. A diferencia de Australia donde la iniciativa viene de un comité, en Polonia se desarrolló en la Universidad Médica de Lodz, que reunió el primer Equipo de Expertos en Estándares y Evaluación en Genética Forense del Grupo de Trabajo de habla Polaca de la Sociedad Internacional de Genética Forense¹⁴².

Además de los esfuerzos por parte de algunas instituciones gubernamentales para caracterizar que en los laboratorios forenses tienen singularidades que deben ser atendidas más allá de los estándares que propone la normatividad internacional como es el caso de la ISO/IEC 17025. Por ello hay que recordar también que existe diferencias sustanciales entre los laboratorios de investigación o laboratorios médicos y los laboratorios forenses, para empezar un laboratorio de investigación médica tiene un ambiente controlado desde la propia toma de muestra, e incluso si una muestra es mal tomada hay la posibilidad de repetirla para asegurar el resultado; en cambio, en un laboratorio forense generalmente las muestras son parciales, pueden estar contaminadas o mezcladas debido al lugar donde fueron

¹⁴¹ JACEWICZA Renata, Sasitaran IYAVOOB. *Op.cit.* Pp.903-905.

¹⁴² *Ídem.*

extraídas que generalmente son ambientes no controlados, por ejemplo, un lugar abierto donde ocurrió un posible homicidio. Esta característica muestra que el aspecto forense tiene su trascendencia en la conformación del laboratorio. Como se ha venido esbozando la presencia de factores característicos del ámbito forense que van a impactar en la calidad que proponen los sistemas de gestión de la misma. Estos factores son: la forma en que se obtiene la muestra, esto es, en un lugar de investigación a diferencia del entorno controlado de un laboratorio de investigación médica presenta ciertas características de cuidado que son fundamentales para el procesamiento de esa muestra, desde su ubicación y localización, hasta su registro en la cadena de custodia y su entrega en los laboratorios.

En ese mismo sentido, Saul Halfon pone atención en la tipificación de ADN acerca de las cuestiones relacionadas con la producción de la verdad¹⁴³ y las características de la tecnología forense, sin embargo, las prácticas de recolección de las muestras no son advertidas por los expertos y en raras ocasiones se exploran, pero cuando ocurre un caso relevante estas problemáticas de recolección salen a la luz y se aprecia la fuerte relación entre la recolección de la muestra con la producción del conocimiento del laboratorio.

3.4. Garantizar la calidad del laboratorio

El autor Ronny Decorte¹⁴⁴ hace un recuento del primer caso en Estados Unidos en 1988 donde se presentó como prueba un perfil de ADN, el cual fue admitido por el análisis y los resultados que proporcionó, sin embargo, esta prueba fue excluida porque la evidencia estadística no pudo validarse. Más adelante, en 1989 en otro caso en el mismo país se cuestionó de manera crítica la admisibilidad de la prueba de ADN debido a que el laboratorio no utilizó técnicas científicas generales aceptadas para obtener resultados, además de presentar defectos en sus

¹⁴³ HALFON, Saul. *Op.cit.* pp.783-807.

¹⁴⁴ DECORTE, R. "Accreditation in Forensic DNA Analysis", en SIEGEL Jay, Pekka SAUKKO Y Max HOUCK (ed), *Encyclopedia of Forensic Sciences*, 2ªedición, USA, 2013, pp. 227-232.

procedimientos, posible contaminación, controles inapropiados y las reglas de concordancia fueron inconsistentes. Entre 1987 y 1988 los estudios de competencia de la *California Association of Crime Laboratory Directors* (CACLD) informaron que había una alta tasa de falsos positivos y falsos negativos¹⁴⁵.

Siguiendo con Decorte en 1992 se dio a conocer un informe de recomendaciones por parte del *National Research Council* (NRC) en EUA, algunas de ellas fueron: consideraciones técnicas, interpretación estadística, estándares de laboratorio, bancos de datos y privacidad, consideraciones legales y cuestiones sociales y éticas. Además, hace mención de los errores de laboratorio los cuales deben medirse con pruebas de competencia apropiadas y deben desempeñar un papel en la interpretación de los resultados. Con las recomendaciones antes expuestas se advirtió que son esenciales para garantizar la precisión científica, la confiabilidad y aceptación de la prueba de ADN. En 1994 hubo una recomendación en los laboratorios de genética forenses de EUA para que buscaran la acreditación que demostrara el cumplimiento de los estándares y garantizar el control de calidad.

En el 2009 la *American Society of Crime Laboratory Directors/ Laboratory Accreditation Board* (ASCLD/LAB) anunciaron que ya no acreditarían los laboratorios por medio de un programa que se había instaurado en 1982 conocido como "*Legacy Program*", que había acreditado a 390 laboratorios forenses y 17 laboratorios internacionales¹⁴⁶. A partir del 2009 todos los laboratorios tendrían que dar cumplimiento al estándar internacional ISO/IEC 17025: 2005¹⁴⁷. El mismo año el Consejo Europeo de Justicia y Asuntos de Interior (*The European Council Justice and Home Affairs*) llegó a un acuerdo para que la acreditación fuera obligatoria a los proveedores de servicios forenses que realizan actividades de laboratorio en huellas digitales y análisis de ADN, esta decisión significa que se introduce una norma internacional común que es la ISO / IEC 17025: 2005 para los proveedores de

¹⁴⁵ Un falso positivo es dar por identificado un perfil cuando en realidad no corresponde a una persona y el falso negativo es cuando se determina que el perfil genético no corresponde a una persona y que en realidad si es su perfil genético, en general atribuciones falsas.

¹⁴⁶ Laboratorios de países como Singapur, Canadá, Nueva Zelanda, Malasia y Hong Kong.

¹⁴⁷ DECORTE, R. *Op.cit.* pp. 227-232.

servicios forenses dentro de la UE con la finalidad de asegurar que los resultados de laboratorio forense obtenidos en un estado miembro de la Unión Europea sean reconocidos por las autoridades policiales en todos los demás estados miembros de la Unión Europea.

Los antecedentes descritos muestran la necesidad que hubo para que los laboratorios forenses y con un énfasis en los laboratorios de identificación humana, principalmente en el de genética forense para que fuera asegurada la calidad de sus resultados, esto implica que las prácticas de los laboratorios y los métodos para el aseguramiento de la calidad fueran estandarizadas. Entonces, la tipificación de ADN en la identificación humana tenía que establecer de manera inmediata programas para alcanzar dicho objetivo, la tendencia fue clara en establecer su dirección hacia la estandarización internacional por medio de la norma ISO/IEC/17025.

Para Chris Lennard¹⁴⁸ la trascendencia de los resultados de los laboratorios forenses es determinante en la situación legal y civil de una persona, en la forma de vida de muchas personas y para poder confiar en sus resultados, se necesita que se garanticen su fiabilidad y precisión. Los laboratorios forenses tienen una particularidad a diferencia de otros laboratorios, ya que muchos factores pueden impactar en la calidad de los resultados tales como la forma de recolectar la muestra, cómo se hacen los análisis, la capacitación del personal, la forma de comunicar de forma escrita los resultados y la forma de comunicarlos en un juicio. De estas particularidades es que se requiere un programa que garantice el sistema de gestión de calidad.

Lennard, además de mencionar la necesidad en el sistema de gestión de la calidad trae a cuenta tres temas que resultan interesantes¹⁴⁹; el primero, tiene que ver con la calidad como una actividad diseñada para proporcionar evidencia a las partes interesadas de que el servicio o producto se hacen de manera efectiva, bajo

¹⁴⁸ LENNARD, Chris. "Principles of Quality Assurance", en SIEGEL Jay, Pekka SAUKKO Y Max HOUCK (ed), Encyclopedia of Forensic Sciences, 2ª edición, USA, 2013, pp. 509-514

¹⁴⁹ *Ídem*.

un estándar apropiado con registros y evidencias que respaldan de manera documentada las prácticas de calidad en el laboratorio, esto hace que sean evidenciables no únicamente a quien solicita sus servicios también la contraparte puede revisar los registros. La segunda, es que un sistema de gestión de calidad garantiza los resultados por adelantado, no únicamente los casos concluidos y en investigación, también los casos que se puedan presentar en el futuro, el laboratorio demuestra que hay seguridad en la calidad de sus resultados debido a que hay un sistema de gestión de calidad en el laboratorio. Y por último, el tercer elemento tiene que ver con la satisfacción del cliente por los resultados, atendiendo a que el cliente en el ámbito forense es un fiscal, una autoridad e incluso la comunidad en general, esta satisfacción no se debe confundir con aportar elementos que satisfagan al cliente en aportar resultados que beneficien de manera parcial al cliente, mas bien, esta satisfacción tiene que ver con proporcionar un servicio científico, confiable y que se puede sostener porque ha pasado por un proceso de calidad.

Este apartado presentó cómo la estandarización en la tecnología del ADN ha sido fundamental para que su desarrollo siga en función de resultados que aporten información relevante para un juicio. Las necesidades de estandarización de los laboratorios forenses han sido en mejora del propio laboratorio, de los estándares técnicos y en los estándares de procedimiento. Los estándares en las técnicas aplicadas en los laboratorios de genética forense como la PCR ayudan a entender este proceso de estandarización y la estabilidad de la técnica, además del aporte de la técnica de PCR en mejora de los resultados de los laboratorios de genética. Se debe tener presente que la estandarización auxilia para que se logre comparar de manera efectiva información entre los laboratorios.

Sin embargo, como se discutió, el impulso en la mejora de los laboratorios por medio de la estandarización no se dio de manera natural como en algunas ocasiones pudiera aparentar, las contingencias que presenta la tecnología del ADN en el ámbito forense fueron y siguen siendo relevantes para aportar elementos en la determinación de juicios. Algunas de estos momentos que fueron importantes

para el avance de los laboratorios de genética fueron el caso de O.J. Simpson y el estudio que realizó la academia americana de ciencias para conocer el estado actual de las ciencias forenses, ambos momentos aportaron sus criterios para que mostrará a la genética forense algunos cuestionamientos de estas contingencias.

Ya para el año 2000 advierten la necesidad de diseñar estándares para aplicaciones en el campo forense, pues la norma ISO 17025 únicamente describe requisitos generales de los laboratorios de ensayo y calibración, por lo tanto, ajustar en término forenses son las propuestas que los países están realizando.

3.5. Acreditación de los laboratorios forenses en México

Los laboratorios forenses no siendo ajenos a las exigencias internacionales se han integrado a los procesos de estandarización que las normas ISO establecen, lo cual ha hecho que sus procedimientos y resultados tengan un respaldo avalado por un ente externo que garantiza la confiabilidad de dichos resultados hacia quien utiliza los bienes y servicios que ofrecen. Por tanto, la acreditación de los laboratorios de ensayo y calibración es posible cuando un ente externo asegura el cumplimiento de los requisitos de la norma. En el ámbito internacional que ha permeado en la mayoría de los laboratorios forenses la norma para la estandarización por medio de la acreditación es la ISO/IEC 17025 que aplica a este tipo de laboratorios y con la que demuestra principalmente dos cosas: que el laboratorio es técnicamente competente y que sus resultados son confiables.

Bajo esta dinámica, la acreditación del laboratorio de genética forense a decir de los expertos antes citados es necesaria para que sus resultados se presenten con calidad. La calidad de sus resultados genera confianza y seguridad a los involucrados en el proceso penal, a los órganos encargados de tomar decisiones judiciales y, además, permite que sean válidos para la cooperación en la criminalidad transnacional. Estos resultados con calidad se respaldan porque sus procesos siguen los criterios mínimos de una norma internacional. Sin embargo,

existe la concepción de que la acreditación en los laboratorios forenses consecuentemente proporcionará calidad técnica y científica a los resultados de las pruebas periciales realizadas por ellos, muy similar al mito de la certeza absoluta y los resultados infalibles de la prueba científica¹⁵⁰ que están presentes en los sistemas de justicia. Por lo anterior, resulta necesario identificar los avances y entender la conformación de las acreditaciones en los laboratorios forenses.

La acreditación de los laboratorios de genética forense en la mayoría de las procuradurías de México comenzó con el programa Iniciativa Mérida en el año de 2008 entre nuestro país y los Estados Unidos de Norteamérica con el objetivo de establecer una cooperación bilateral para contrarrestar la violencia ocasionada por las drogas, por medio de apoyo a las instituciones mexicanas de seguridad y judiciales. Esta iniciativa se compone de cuatro pilares, en el pilar número dos denominado “institucionalizar la capacidad para mantener el Estado de derecho”, la iniciativa Mérida asignó recursos económicos dirigidos a la transición hacia el nuevo sistema penal, de este proyecto la asesoría a los laboratorios forenses, el entrenamiento, las certificaciones, las acreditaciones y los equipos fueron parte de los procesos de acreditación en los laboratorios de genética forense de las procuradurías en ese entonces y ahora fiscalías de los estados¹⁵¹.

Como parte del apoyo de la iniciativa Mérida los laboratorios forenses de las fiscalías y los procesadores de los lugares de investigación criminal o criminalistas de campo fueron los primeros en recibir asesoría por parte de *Programa Internacional de Asistencia y Entrenamiento en la investigación Criminal (ICITAP)* por sus siglas en inglés;¹⁵² programa del departamento de Estados Unidos de

¹⁵⁰ VARGAS Ávila, Rodrigo, “La valoración de la prueba científica de ADN en el proceso penal” en Prolegómenos. Derecho y Valores (Documento web) 2010, revisado el 5 de junio de 2018, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87617271008>.

¹⁵¹ Iniciativa Mérida, localizado en: <https://mx.usembassy.gov/es/our-relationship-es/temas-bilaterales/iniciativa-merida/>

¹⁵² *The International Criminal Investigative Training Assistance Program (ICITAP)* es un programa que proporciona asistencia internacional en seguridad nacional y política exterior en colaboración con los países anfitriones a instituciones policiales, profesionales y transparentes que protejan los derechos humanos, combatan la corrupción y reduzcan la amenaza de la delincuencia transnacional y el terrorismo. Trabaja en estrecha colaboración y recibe fondos para sus programas del Departamento de Estado de los Estados Unidos,

Norteamérica para la capacitación de los peritos e implementar la acreditación de los laboratorios forenses bajo las normas ISO/IEC 17025 para los laboratorios, y la norma ISO 17020 respecto a la inspección técnica de lugares por parte de los procesadores del lugar. Buscando que la transición al sistema de justicia penal acusatorio se realice bajo las mejores prácticas y estándares internacionales; la tendencia hacia la acreditación y certificación hizo que los cambios en la infraestructura impactaran en los procedimientos llevados a cabo y que una agencia externa acreditara dichos procedimientos, en el caso de los Estados de la república que fueron asesorados por ICITAP, la *ANSI National Accreditation Board (ANAB)*¹⁵³ es la agencia que provee los servicios de acreditación para los laboratorios forenses y a los procesadores de inspección forense¹⁵⁴.

ANAB es una organización no gubernamental de los Estados Unidos de Norte América que se dedica a dar servicios de acreditación y capacitación a los sectores públicos y privados¹⁵⁵. La característica de ANAB es que dentro de sus servicios de acreditación tiene un apartado para los laboratorios forenses desde el año de 1982. La acreditación evalúa las calificaciones y competencias técnicas de una agencia para poder realizar ensayos específicos, calibraciones y actividades de inspección. La acreditación es la evaluación independiente de la conformidad con las normas

la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

<https://www.justice.gov/criminal-icitap>

¹⁵³ <https://www.anab.org>

¹⁵⁴ A manera de crítica al proceso de acreditación al que ingresaron los laboratorios del país, el texto de Silvina Romano sobre el Lawfare o guerra jurídica la define como el uso indebido de herramientas jurídicas, es un método de guerra no convencional que utiliza la ley para obtener un objetivo militar. Se convierte en un instrumento para prolongar la dependencia y colonialidad normalmente establecida entre los países con mayor influencia económica y poder político hacia los países estratégicamente necesarios e incluso militarmente preocupantes. Organismos bilaterales estadounidenses hacia América Latina y en especial con nuestro país tales como USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) están encaminados en realizar las reformas necesarias a los sistemas de justicia y se convierten en los principales asesores en las reformas jurídicas y en la modernización de las estructuras legales, ejemplo de ello es el programa bilateral conocido como iniciativa Mérida. ROMANO Silvia. *Lawfare, guerra judicial y neoliberalismo en América Latina*, Buenos Aires, Celag.org, 2019, pp. 19-33.

¹⁵⁵ <https://anab.ansi.org>

reconocidas para llevar a cabo actividades específicas, garantizar su imparcialidad y su competencia¹⁵⁶.

Ahora bien, hay que aclarar que existe una confusión entre la acreditación y la certificación. Por un lado, la certificación evalúa el sistema de gestión de la calidad del producto o servicio que ofrece la organización, no evaluará la competencia técnica del proveedor, no garantiza la precisión o confiabilidad de la información de las pruebas, las inspecciones o las calibraciones. Tanto la certificación como la acreditación evalúan, pero la certificación evalúa el cumplimiento de los productos o servicios respecto a las normas; mientras que la acreditación evalúa la competencia técnica para la realización de determinadas actividades conforme a la norma.

Por otro lado, la palabra *acreditar* proviene de la lengua romance con el prefijo -a y crédito del vocablo latino *creditum* que significa credibilidad o confianza, el prefijo -a viene del latín *ad* que se refiere hacia o con proximidad, entonces acreditar significa con proximidad o en dirección a la credibilidad o confianza¹⁵⁷. La acreditación según la ley federal sobre metrología y normalización es el acto mediante el cual una entidad de acreditación, es decir, un tercero reconoce la competencia técnica de los laboratorios y lleva a cabo acciones para la evaluación de la conformidad¹⁵⁸, las entidades que acreditan son agencias externas que realizan dicha actividad. La evaluación de la conformidad significa que los procesos y procedimientos del laboratorio están conforme a las normas reconocidas tanto nacionales como internacionales que garantizan la imparcialidad y la competencia¹⁵⁹ del laboratorio que va a ser acreditado. De esta manera el personal del laboratorio tiene que demostrar en primer lugar que opera bajo un sistema de gestión de calidad, segundo, demostrar la imparcialidad del laboratorio, tercero, que está conforme a las normas reconocidas, cuarto, la competencia de los expertos y la

¹⁵⁶ <https://ilac.org/language-pages/spanish/>

¹⁵⁷ <https://dle.rae.es/acreditar?m=form>.

¹⁵⁸ MÉXICO: Ley federal sobre metrología y normalización, 2009, artículo 3.

¹⁵⁹ Página oficial de ILAC The international organization for accreditation bodies <https://ilac.org/language-pages/spanish/>

competencia técnica del laboratorio y quinto que pueden generar resultados técnicamente validos. A continuación, se explicará brevemente estos puntos.

El sistema de gestión de calidad que opera en un laboratorio que se encuentra acreditado lo regula como un requisito la norma ISO/IEC 17025. Lo que solicita el sistema de gestión de calidad siguiendo a la citada ley de metrología y normalización es que el laboratorio debe establecer, documentar, implementar y mantener el sistema de gestión que demostrará el logro de los requisitos de la norma y asegurará la calidad de los resultados¹⁶⁰. Dentro de los requerimientos del sistema de gestión de calidad se encuentra la documentación del propio sistema de gestión, control de los registros, las acciones para abordar los riesgos y las oportunidades, las mejoras, acciones correctivas, auditorias internas y revisiones de la dirección¹⁶¹.

La imparcialidad de los laboratorios garantiza que las actividades y resultados del laboratorio no presentan influencia que implique un conflicto de intereses que pueda afectar los resultados. El sistema de gestión de calidad también se ocupa que el laboratorio cumpla con la imparcialidad del laboratorio. La imparcialidad es la presencia de objetividad, que no existe ningún conflicto de interés, ausencia de sesgos y carencia de prejuicios.¹⁶² Algunos elementos que pueden comprometer la imparcialidad dentro del laboratorio son la gobernanza, la propiedad, la gestión, las finanzas y los contratos. La imparcialidad es un requisito básico en la acreditación de laboratorio, es un elemento que el sistema de gestión de la calidad debe procurar porque de esta manera garantizará que los resultados que emiten son lo más objetivo posible.

La conformidad del laboratorio se representa por medio de una evaluación que se hace del cumplimiento con las normas oficiales mexicanas y las normas

¹⁶⁰ MÉXICO: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Instituto Mexicano para la normalización y certificación, A.C, 2018, p. 21.

¹⁶¹ *Ídem*.

¹⁶² *Íbidem.*, Pp.1-3.

internacionales¹⁶³. La no conformidad, por lo tanto, es el incumplimiento de un requisito especificado en dichas normas.

La competencia técnica es uno de los aspectos que evalúa una acreditación. La competencia técnica “Es el conjunto de educación, capacitación o formación y experiencia; cuando sea relevante queda demostrado los atributos personales”¹⁶⁴. El sistema de gestión asegura que el personal sea competente para realizar un trabajo, define cada rol que ocupará, los requisitos respecto al tipo de capacitación y experiencia¹⁶⁵. Se tiene que demostrar esta competencia por medio de evidencia objetiva de que todo el personal que trabaja en el laboratorio es competente, por medio de evaluaciones de sus conocimientos y habilidades en el desarrollo de las actividades dentro del laboratorio.

El interés del proceso de acreditación en el laboratorio de genética forense en gran parte es debido al compromiso por emitir resultados de calidad que sirvan para las causas judiciales. En este sentido, el apearse a una norma proveniente de un organismo internacional de normalización conocida como ISO proporcionaría las directrices para la evaluación de la conformidad. Las normas ISO son el resultado de la estandarización en los procesos productivos. El avance de la sociedad y la necesidad del intercambio comercial advirtió la obligación de una mejora progresiva en los bienes y servicios que se ofrecían. Esa mejora en los procesos productivos y las adaptaciones tecnológicas para satisfacer la demanda propició la creación de una organización que impulsó estándares de calidad en los

¹⁶³ EMA: Manual de procedimientos evaluación y acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo (pruebas) con base en la norma iso /iec 17025, 2019. (Documento web), s.f., recuperado el 18 de enero 2019. Disponible en:

http://consultaema.mx:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta_1_Procedimientos_y_Politicasy_MP-FP002_Evaluacion_acreditacion_LAB_2017025_3.pdf.

¹⁶⁴ EMA: “Referencia MP-FE011_Criterios_Aplicacion_17025-Forenses”, (Documento web). S.f., Recuperado el 12 de febrero 2019. Disponible en:

http://consultaema.mx:75/pqtinformativo/GENERAL/Forenses/Carpeta_1_Procedimientos_y_Politicasy_MP-FE011_Criterios_Aplicacion_17025-Forenses.pdf.

¹⁶⁵ ILAC: Modules in Forensic Science Process, (Documento web), 2015, recuperado el 18 de junio de 2019, disponible en:

<http://www.iaac.org.mx/Documents/Controlled/Guidance/GD%2037%20ILAC%20G19%20Forensics.pdf?download=809>.

procesos productivos. Bajo esta tesitura se formó la Organización Internacional de Normalización (*International Organization for Standardization*).

La ISO es una organización internacional no gubernamental que regulariza las actividades estándar de los productos y servicios que se mueven a nivel mundial. La ISO nace en 1946 en el instituto de ingenieros civiles en Londres, actualmente tiene su sede en Ginebra Suiza. Desde sus inicios se ha encargado de reunir expertos en distintas áreas del conocimiento para desarrollar estándares que apoyen la innovación y den solución a las problemáticas globales¹⁶⁶. Las siglas ISO no son un acrónimo¹⁶⁷, sino que debido a las diferentes traducciones de la organización decidieron darle la abreviación ISO proveniente del griego *isos* que significa igual¹⁶⁸. El objetivo es que las normas internacionales tengan especificaciones a nivel mundial que garanticen la calidad, seguridad y eficiencia, además de facilitar el comercio internacional.

La ley federal sobre metrología y normalización, regula en materias de normalización, certificación, acreditación y verificación. Alguno de estos objetivos son la observancia de las normas oficiales mexicanas y las normas mexicanas. Ambas normas tienen prácticamente las mismas funciones, la diferencia principal es que las Normas Oficiales Mexicanas (NOMS) son de carácter obligatorio, mientras que las Normas Mexicanas (NMX) son de carácter voluntario. De esta manera la asociación civil conocida como el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación AC, elaboró la NMX-EC-17025-IMNC-2018, publicada en el diario oficial de la federación el 09 de agosto de 2018. Esta norma mexicana refiere que ha sido una traducción de la tercera edición de la norma ISO/IEC 17025 con la

¹⁶⁶ ISO: International Organization for Standardization. ISO, (Documento web), s.f., recuperado el 10 de septiembre, 2019. Disponible en: <http://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/home.html>.

¹⁶⁷ ISO: II. A Brief History of ISO. (Documento web).S.f.
<http://www.sis.pitt.edu/mbsclass/standards/martincic/isohistr.htm>
10 de septiembre, 2019.

¹⁶⁸ ISO - International Organization for Standardization, *Op cit*.

intención de promover la confianza en los laboratorios, demostrar su competencia y emitir resultados validos¹⁶⁹.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

¹⁶⁹ MÉXICO: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, Instituto Mexicano de normalización y certificación, NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/iec. 17025: 2017.

Capítulo IV

Acreditación e incertidumbre en el laboratorio de genética forense

La acreditación en los laboratorios de genética forense como ya se ha venido señalando es un esfuerzo para estandarizar prácticas que regulan el flujo dentro del laboratorio. Además, la acreditación es una de las formas para responder a los escenarios de incertidumbre manifestados en el desarrollo de la prueba de genética forense desde que se encuentra en sus inicios de investigación, el paso analítico por el laboratorio, hasta su valoración por la autoridad que la tomará en cuenta para sus determinaciones, en todas estas fases se presentan escenarios de incertidumbre que rondan la calidad de la información que estas pruebas pueden aportar. En todo este panorama entre la acreditación del laboratorio como respuesta de los escenarios de incertidumbre aparecen actores que participan en el presente dilema, los actores que participan pueden ser expertos en genética forense, sin embargo, el concepto de actor va más allá de un ente individual, también pueden ser actores colectivos como las agencias acreditadoras, un instituto como el de metrología o un actor privado como los proveedores de insumos o agentes que reparan y calibran un equipo entre otros. De esta manera la acreditación, los escenarios de incertidumbre y los actores son los tres ejes fundamentales para el desarrollo del presente capítulo.

Este capítulo se realizó gracias a la participación de un experto forense que trabaja en un laboratorio acreditado y que por cuestiones de confidencialidad y profesionalismo pidió omitir su nombre y lugar de trabajo, sin embargo, para fines de la presente investigación se utilizara el nombre de *José*¹⁷⁰. El laboratorio de genética forense fue de los últimos laboratorios instalados en la dirección de investigación pericial¹⁷¹. Actualmente José es el jefe de área de identificación

¹⁷⁰José tiene una formación académica de químico farmacéutico-biólogo, ingresó a un laboratorio de química forense, posteriormente fue capacitado para coordinar el laboratorio de genética forense de su institución. Actualmente es jefe del departamento de identificación humana en una dirección de investigación pericial.

¹⁷¹ Una dirección de investigación pericial o servicios periciales se compone de diversos laboratorios que brindan sus servicios a nivel estatal o federal. La dirección tiene un servicio médico forense, laboratorio de química, genética, dactiloscopia, balística; tiene el servicio de dictámenes diversos como: valuación, tránsito

humana que abarca las áreas de genética forense, dactiloscopia, y retrato hablado. Gracias a sus amplias entrevistas y visitas guiadas en su laboratorio fue posible describir el siguiente apartado.

Este capítulo se divide en dos secciones: la primera describe la etapa de acreditación e incertidumbre que ocurren en un laboratorio y las etapas por las que pasa cualquier muestra que ingresa al laboratorio; en primer término, se esbozará los contenidos generales de la norma ISO/IEC 17025:2017, después se mencionaran los contenidos generales del procedimiento del laboratorio de genética forense cuando analiza una muestra. Posteriormente, tomando como base este procedimiento del laboratorio de genética forense se revisaran punto por punto el procedimiento que recorre una muestra de genética forense, esto permitirá ver las múltiples relaciones que se establecen entre: una serie de actores que tienen contacto con las muestras, una serie de instrumentos que se utilizan para procesar la muestra, distintos equipos tecnológicos para la preparación y el análisis de la muestra y la interpretación de los expertos para presentar la muestra como prueba¹⁷².

La segunda sección presenta un caso del delito de violación, mostrando la relación que hay entre la acreditación del laboratorio y los escenarios de incertidumbre a los que se enfrenta, por medio del caso se estudia el recorrido de las muestras hasta su presentación como pruebas ante una autoridad judicial. Todo lo anterior dentro del proceso del laboratorio de genética forense es apenas un ejemplo de diversos procedimientos en su estado normal, sin embargo, se debe considerar las contingencias y las posibles desviaciones constantes de los procedimientos, sin demeritar los esfuerzos que se han hecho para que esta ciencia haya llegado al nivel de confiabilidad que los tribunales le atribuyen, es pertinente

terrestre, ingeniería, mecánica y hojalatería, identificación vehicular, retrato hablado y psicología. Como se puede notar el laboratorio de genética forense se encuentra dentro de un complejo de laboratorios y servicios en apoyo de la investigación forense.

¹⁷² Tomando el concepto de prueba en forma amplia, es decir, puede considerarse como dato de prueba, medio de prueba o prueba ya que ahora no se pone atención al momento procesal sino al momento técnico pericial.

entender que en su proceso pueden existir debilidades, desviaciones y errores que no escapan de la actuación del ser humano.

4.1. Las etapas de la acreditación en el laboratorio de genética forense

La acreditación¹⁷³ del laboratorio¹⁷⁴ de genética forense toma relevancia la participación y desempeño de diferentes actores. Los actores que participan en el desarrollo, implementación y mantenimiento de la acreditación son diversos y en diferentes momentos de participación, a pesar de ello, esta investigación identifica ciertos actores relevantes por la actividad en el proceso de acreditación ya sea en el desarrollo, gestión o mantenimiento. Estos actores identificados como relevantes realizan diversas actividades, en primer lugar se tiene a los expertos o peritos del laboratorio acreditado, después se encuentran los agentes de las acreditadoras que brinda sus servicios de asesorías y capacitación y por último los capacitadores de equipos especializados¹⁷⁵ o en algún material sofisticado, Entonces, estos actores se vuelven relevantes porque sostienen el sistema de gestión de calidad dentro del laboratorio, por lo tanto, interactúan para lograr la acreditación del laboratorio de genética forense.

Los actores recién señalados llevan a cabo sus actividades en el laboratorio y se enfrentan a diversas situaciones, una de ellas puede ser lo que se ha

¹⁷³ La acreditación es un tema relevante teóricamente porque la bibliografía por un lado, ha mostrado los beneficios de la acreditación y su esfuerzo en estandarizar las practicas que le ha dado su reputación actual ; Carracedo en el 1997 y Butler en el 2004 muestra la acreditación como un elemento de confianza por el control de calidad que los respalda, la estandarización para la validación de los procedimientos y al hecho de que entre los laboratorios acordaron la estandarización de ciertas prácticas como el uso de marcadores genéticos compatibles entre los laboratorios. Sin embargo, existen etapas o momentos de incertidumbre en los laboratorios, el hecho de no contar con registros de las actividades realizadas, algunos métodos no validados o con un plan de validaciones y en muchas ocasiones se carga la confianza en la experiencia del experto en genética forense, sin que hubiera una estandarización de sus protocolos.

¹⁷⁴ El laboratorio es el campo de batalla constante entre los esfuerzos de la acreditación por tener una mejora continua, los escenarios de incertidumbre que se presentan en complicaciones en el laboratorio, posibles errores, desviaciones y contingencias reales a las que se enfrentan los actores que participan.

¹⁷⁵ El uso de biorobots es un equipo especializado para reducir tiempos y aumentar precisión. El grado de especialización de estos equipos requiere una capacitación para su eficiente utilización.

identificado como escenarios de incertidumbre, siendo aquellos eventos que ponen en situación de riesgo o que pueden confundir en la interpretación de ciertos hechos. Los escenarios de incertidumbre se encuentran en actividades técnico-científicas o en un contexto de interpretación de los hechos. Como ya se discutió, los escenarios de incertidumbre son todas aquellas situaciones que pueden poner en riesgo una muestra o una prueba por contaminación, por la forma de asegurarla, la manera de analizarla y la forma de interpretarla por quienes la presentan ya sea cualquiera de las partes fiscalía o defensa, o quienes la valoran (en este caso el tribunal o un juez), y ocurre en diferentes etapas que los escenarios de incertidumbre aparezcan. Frente a los estados de incertidumbre, existen actividades por parte de los expertos para reducir dichos estados, los cuales son la normatividad, la estandarización de las prácticas al interior de los laboratorios y culmina con la acreditación de los laboratorios forenses. Se sabe que el error y los escenarios de incertidumbre nunca se van a eliminar por completo, entonces, el puente que el debate teórico permite interpretar es que entre los escenarios de incertidumbre y la acreditación es posible llegar a la reducción de esa incertidumbre.

Una vez identificados los actores que van a interactuar en unos los diferentes escenarios de incertidumbre se pretende describir estas interacciones a lo largo del capítulo, de esta manera se inicia con el objetivo del laboratorio. El objetivo general del laboratorio de genética forense de acuerdo con José es la identificación humana por medio del perfil genético que es singular en cada persona y puede obtenerse de múltiples fuentes biológicas en contextos criminales. La identificación humana por medio de la genética forense es una de las pruebas periciales más eficientes por su consolidación y aporte a los sistemas de justicia. Estos aportes ofrecen elementos que permitan identificar a sujetos relacionados en un evento criminal en dos sentidos: el primero de ellos es el reconocimiento de una persona o un cadáver no identificada con una línea parental o posibles familiares; el otro sentido es cuando se encuentran diversos indicios biológicos ya sea en un lugar, en objetos o en personas y por medio de los perfiles genéticos se establecen correspondencias entre las muestras y posibles sospechosos o posibles víctimas.

El perito¹⁷⁶ José refiere que los resultados del laboratorio¹⁷⁷ establecen una serie de relaciones, por ejemplo, la identificación entre un objeto identificado como un indicio con una persona de referencia, la identificación de un cadáver desconocido con algún familiar, la identificación a partir de mezclas¹⁷⁸ que pudieran presentar los indicios con las personas que correspondan, es decir, con víctimas y sospechosos. Por lo tanto, es importante recalcar que el proceso general del laboratorio es la identificación humana¹⁷⁹ en sus diferentes y posibles eventos de carácter criminal.

José plantea que dentro de los aspectos inciertos las complicaciones a las que se enfrentan en el laboratorio cuando no se tiene establecidos los alcances del laboratorio, puede generar confusión respecto a las actividades que desarrolla el laboratorio y el tipo de resultados que emiten, cuando no se tiene establecidos estos alcances las autoridades que solicitan sus servicios piden actividades que el laboratorio no tendría o podría realizar, debido a múltiples circunstancias, como impedimentos materiales, legales o profesionales. Para este tipo de escenario de incertidumbre por la falta de límites y alcances claros en los laboratorios, José

¹⁷⁶ La palabra perito hace alusión a experto en una materia sobre la cual puede emitir una opinión, por lo tanto, perito y experto se puede utilizar de la misma manera. En el ámbito judicial el perito o experto es aquella persona que puede tener una opinión sustentada acerca de los hechos debido a su *expertise*. Por otro lado, se debe entender también que un experto es quien capacita para el proceso acreditación, los agentes de las acreditadoras, los auditores tanto internos como externos, los capacitadores de cada equipo que brindan asesoría para el uso de los equipos sofisticados. Así como los expertos en derecho que presentan las pruebas, quienes las debaten y quienes las valoran.

¹⁷⁷ El laboratorio es un espacio donde se analizan las muestras biológicas relacionadas a un hecho criminal. El laboratorio acreditado cumple con una serie de normatividades internacionales y locales, como ya se mencionó se basan en una conformidad con dichas normas. Lo anterior, en un plano teórico pero en el plano empírico ahora se desarrolla entre la cuestión teórica ya citada y la parte empírica por medio de las entrevistas a los expertos que trabajan en estos laboratorios donde hay una constante relación entre la conformidad técnica y los expertos o peritos.

¹⁷⁸ Las mezclas se presentan cuando en una muestra existe más de un perfil genético que deben ser separados e identificados, normalmente se presentan en los casos de violación entre muestras de semen y muestras de fluido biológico de una persona del sexo femenino.

¹⁷⁹ Existe la posibilidad de hacer una identificación de animales no humanos, de hecho, en el primer filtro de selección de la muestra para su análisis, se tiene que contestar si lo que se va analizar tiene ADN humano. Sin embargo, en un caso donde se sospechaba de varias muertes de personas en una colonia del Estado de México había la posibilidad de que fueran atribuidas a una jauría de perros, por medio del ADN se logró determinar que si eran perros los que estaban atacando y dando muerte a las personas. EXBALIN Oberto, Arnaud. "Perros asesinos y matanzas de perros en la ciudad de México (siglos XXI-XVIII)". (Documento web), 2014. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018539292014000100006&lng=es&nrm=iso. ISSN 2448-7554. 16 de octubre de 2018.

refiere que la norma para la acreditación del laboratorio erige estos lineamientos y el personal del laboratorio realiza un esfuerzo en establecer cuáles son estos alcances. José menciona cuatro alcances que el laboratorio tiene que considerar para realizar los análisis: 1. Qué tipo de ADN se debe trabajar, 2. Qué muestras se pueden recibir, 3. Cómo se trabajan las técnicas con las muestras y 4. Cómo se utilizan las bases de datos para las confrontas¹⁸⁰. Estos alcances se establecen por la interacción de dos actores, por un lado, los expertos que trabajan en los laboratorios y por otro los actores que representan la norma internacional ISO/IEC 17025. Respecto al primer alcance del laboratorio José establece que se va trabajar con ADN humano por medio de la sección elegida de las repeticiones concatenadas cortas o (STR)¹⁸¹ por sus siglas en inglés. Después, se establecen qué muestras se pueden recibir en el laboratorio, las cuales son: sangre, saliva, cabello, tejido óseo y muscular, espermatozoides y células epiteliales. Por último, las muestras serán analizadas y trabajadas con marcadores STR para lograr hacer identidad de origen (si el origen proviene de una persona en específico) o identificaciones de parentesco (entre un cadáver y su familia). El último punto es la utilización de las bases de datos para realizar las confrontas, de esta manera se determinará si existen positivos o negativos. Las bases de datos se dividen en grupos específicos: familiares que buscan un desaparecido, cadáveres no identificados, indicios no resueltos y probables responsables de algún delito o personas que están juzgadas y/o procesadas.

¹⁸⁰ En la ISO/IEC 17025 de ANAB, en el punto 7 requisitos del proceso nos habla de que todos los métodos de ensayo que impliquen una comparación con una muestra deben ser evaluados para identificar sus características, en: ANSI NATIONAL ACCREDITATION BOARD. "ISO/IEC 17025:2017- laboratorios de ciencias forenses de ensayo y calibración. Requisitos de acreditación". (Documento web), 2018, recuperado el 10 de febrero 2020, disponible en:

<https://anab.qualtraxcloud.com/ShowDocument.aspx?ID=13400>.

Lo mismo ocurre en los criterios mínimos de validación de ENFSI explican como se deben tomar en cuenta ciertos criterios mínimos para las muestras que entraran a análisis; estos puntos son explicados más adelante en este apartado, en: ENFSI. "Recommended Minimum Criteria for the Validation of Various Aspects of the DNA Profiling Process". (documento web)2010.

http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/minimum_validation_guidelines_in_dna_profiling_-_v2010_0.pdf. 9 marzo 2019.

¹⁸¹ *Short Tandem Repite.*

En la descripción anterior vemos como José relata una interacción entre los actores del laboratorio donde él trabaja y los actores que presentan la acreditación y las normas internacionales como lo es la ISO IEC 17025 que regula los requisitos necesarios para acceder a la acreditación del laboratorio, esto implica una capacitación del laboratorio que se va acreditar o que ya está acreditado y los actores que son asesores de las agencias acreditadoras.

José refiere que los alcances del laboratorio de genética forense consisten en realizar identificaciones en hechos de interés penal de diversas muestras para establecer que hubo intercambios biológicos y la correspondencia con los participantes de los hechos, los objetos involucrados o las fuentes de las muestras y los lugares donde ocurrieron; sin emitir aseveraciones de índole judicial en el aspecto de corroborar hechos o enunciar juicios valorativos acerca de estos hechos, le corresponde únicamente emitir opiniones de índole identificativo y de correspondencia. Lo anterior porque en ocasiones se confunde el alcance de los expertos en la materia sobre la cual opinan y la explicación de los hechos que son motivo de un litigio.

Una vez que se ha explicado el objetivo general del laboratorio, los alcances y las múltiples relaciones de estos alcances con las posibles muestras, así como las cuestiones técnicas de las pruebas y la valoración por parte del juzgador, a continuación, se va realizar una descripción del proceso de acreditación que se llevó a cabo en el laboratorio visitado desde la experiencia y visión de José y en constante comparación con la normatividad ya citada. Por medio de las entrevistas al experto y la revisión de la normatividad se deducen los siguientes criterios mínimos para la implementación de la acreditación en un laboratorio de genética forense que son: el sistema de gestión de calidad, la competencia técnica, las validaciones del laboratorio y las revisiones de trabajo, recordemos que en la implementación de estos criterios mínimos se responden de manera implícita a escenarios de incertidumbre que son combatidos desde la estandarización que establece la acreditación.

4.2. La norma ISO/IEC 17025:2017 en el laboratorio de genética forense

La Norma ISO/IEC 17025:2017 es una norma que regula estándares internacionales en la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Para la acreditación del laboratorio de genética forense se consideró tanto la norma mexicana NMX ISO 17025:2017 y la norma “ISO/IEC 17025:2017- Laboratorios de ciencias forenses de ensayo y calibración de la agencia ANAB”; ambas contienen los requisitos para los proveedores de servicios forenses, además, ANAB es la principal agencia acreditadora de algunas fiscalías del país.

De manera conjunta y conforme se vayan presentados los puntos del procedimiento al interior del laboratorio de genética forense, serán complementados con los documentos tanto la Norma Mexicana (NMX)¹⁸² como el documento de ANAB para los laboratorios de ensayo y calibración¹⁸³. Con este ejercicio se logrará ver la conformidad del procedimiento con la norma, ejercicio que la misma norma establece en su sistema de gestión. Asimismo, se contrastará todo lo anterior con la bibliografía respecto a la acreditación, estandarización y desarrollo de la tecnología del ADN forense y haciendo contrastes con los escenarios de incertidumbre y los actores que participan.

Como ya se menciona es conveniente presentar de forma general el contenido de la norma ISO/IEC 17025:2017 que comparten ambos documentos tanto de la Norma Mexicana (NMX) como el documento de ANAB. Esta norma tiene 8 puntos o apartados que son: 1. Campo de aplicación, 2. Referencias normativas, 3. Términos y definiciones, 4. Requisitos generales, 5. Requisitos relativos a la

¹⁸² INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A.C. MÉXICO. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NMX-EC-17025-IMNC-2018.

¹⁸³ ANSI NATIONAL ACCREDITATION BOARD. “ISO/IEC 17025:2017- laboratorios de ciencias forenses de ensayo y calibración. Requisitos de acreditación”. (Documento web), 2018, recuperado el 10 de febrero 2020, disponible en: <https://anab.qualtraxcloud.com/ShowDocument.aspx?ID=13400>.

estructura, 6. Requisitos relativos a los recursos, 7. Requisitos del proceso, 8. Requisitos del sistema de gestión y anexos.

De igual manera, los pasos generales que se desarrollan al interior del laboratorio de genética forense en el análisis de una muestra son de manera enunciativa los siguientes: Recepción y revisión de la muestra, pre análisis, extracción, cuantificación, amplificación, resultados, estudio estadístico y dictaminación. Dos cuestiones son importantes mencionar, la primera es conocer cuál es el proceso general del laboratorio y la segunda es conocer cuál es el alcance de las muestras al interior del laboratorio.

El avance en la acreditación de los laboratorios de genética forense es una respuesta y uno de los cambios en la nueva conformación del sistema de justicia penal, de tal suerte, que la información que aportan estos laboratorios pretende sea confiable para los propósitos del sistema, pero, como ha venido advirtiendo la bibliografía citada los procedimientos técnicos que se desarrollan en el laboratorio, las instalaciones, los equipos e instrumentos, la experiencia de los expertos son apenas algunos criterios debatibles y en constante cambio. Incluso, en la época de los años noventa cuando se sostenía el alto estándar que los estudios de la genética forense brindaban, surgieron una serie de debates en torno a estas pruebas y de las ciencias forenses, alertando de posibles errores y cuestionamientos que afectarían a las ciencias forenses y por ende al sistema de justicia. Por lo tanto, comprender el funcionamiento administrativo y técnico del procesamiento de la prueba de genética forense fue indispensable para conocer los pasos que deben cumplir, la conformidad con la norma y la competencia técnica dentro del laboratorio. Ahora que se tiene más claro el desarrollo de la acreditación dentro del laboratorio resulta necesario conocer el aporte de esta prueba proveniente de un laboratorio acreditado y su interpretación dentro del sistema de justicia penal, pero con los lentes del operador jurídico.

4.2.1. El sistema de gestión de calidad

En la acreditación un elemento importante junto con la normatividad y la estandarización es la gestión de la calidad, e incluso de acuerdo con la normatividad internacional, es decir, la ISO/IEC 17025 el primer paso en la acreditación de un laboratorio forense¹⁸⁴ consiste en la creación de un sistema de gestión de calidad para la dirección de servicios periciales que coordina todos los laboratorios. Este sistema de gestión de calidad se encarga de crear los manuales de operación para el trabajo de toda la dirección. Una vez establecido el sistema de gestión de calidad general, ahora las especialidades (genética forense, grafoscopia, balística, lofoscopia y medicina, entre otras) desarrollan los manuales por especialidad y desde los alcances que cada especialidad tiene, estos manuales son desarrollados por los expertos¹⁸⁵ de los laboratorios bajo la asesoría de la agencia acreditadora, e incluso se asigna a un coordinador de cada laboratorio que se conoce como enlace técnico. Para que cada uno de esos laboratorios pueda ser acreditado es necesario desarrollar los procedimientos¹⁸⁶ que puedan conducir al alcance final de la materia que rige en el laboratorio. En el caso de genética forense el alcance es la

¹⁸⁴ Los requisitos para el sistema de gestión de calidad vienen en el punto número 8 y subsiguientes de la NMX-EC-17025-IMNC-2018 que es la norma mexicana adaptada y traducida para la implementación de la normativa IEC/ISO 17025. Esta norma describe cómo establecer, documentar, implementar y mantener el sistema de gestión de calidad que al final asegura la calidad de los resultados en el laboratorio. Como se puede ver en este momento interactúa el actor de la norma internacional y la adaptación de la norma local para la implementación de la acreditación bajo una ISO, los laboratorios deben seguir estos lineamientos, de esta manera las agencias acreditadoras que son otros actores se vinculan con el laboratorio que a acreditar o que va mantener su acreditación. Son varios actores interrelacionados por una norma internacional quienes van dando pauta en el desarrollo del laboratorio. Los documentos que existen para la acreditación de los laboratorios están en las páginas de ANAB e ILAC, <https://www.anab.org>. Y <https://ilac.org/language-pages/spanish/>.

¹⁸⁵ Se hace énfasis del experto no únicamente del perito que trabaja en el laboratorio acreditado, también los expertos aparecen como los asesores de la norma internacional, los asesores de las agencias acreditadoras, los capacitadores de los equipos, instrumentos y materiales. Este énfasis se debe a que de manera común cuando se habla del experto inmediatamente se relaciona al perito que realiza el análisis y que lo defiende en un juicio penal, pero, el resultado tiene un respaldo de otros expertos que influyeron en la acreditación del laboratorio donde se obtuvieron.

¹⁸⁶ Una vez que se establecen los procedimientos que desarrollan los laboratorios, los cuales fueron establecidos según la norma, es un ejemplo de enfrentar la incertidumbre y estandarizar los procesos de cada laboratorio, cuando se documentan por medio de un sistema de gestión de calidad cada uno de los procedimientos se establece en manuales y protocolos indicando los pasos que deben hacer los expertos dentro del laboratorio para llegar al resultado.

tipificación humana con STR¹⁸⁷, parentescos, identificación del origen biológico y pruebas de serología¹⁸⁸. José relata que en la construcción de los manuales para el desarrollo de los procedimientos en el laboratorio van encaminados a identificar el tipo de muestra biológica, obtener el perfil genético, hacer confrontas para determinar si la evidencia corresponde con la referencia o determinar parentescos con las ramas familiares y sus perfiles genéticos.

Los laboratorios forenses se sujetan a las disposiciones de la norma ISO/IEC 17025 que regula los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración¹⁸⁹ que brindaran servicios y productos, entonces siguiendo lo dispuesto por esta norma internacional hay que recordar que en esta tesis la norma se identifica también como un actor en el desarrollo de la acreditación y respuesta a los escenarios de incertidumbre, cabría preguntar si ¿El laboratorio de genética forense brinda servicios o productos? Según José el laboratorio de genética forense realiza servicios porque hace un análisis de las muestras y entregan resultados. En términos general la norma lo identifica como producto, pero por el tipo de trabajo realmente no es un producto físico como tal (una lata de conserva, un mueble, una computadora, un teléfono), el laboratorio realiza un análisis científico de las muestras e informa de un resultado positivo o negativo, después, determina si puede ser utilizado como evidencia en un juicio.

Ahora bien, José menciona que el laboratorio de genética forense hace ensayos y no calibraciones, los laboratorios que realizan calibraciones se centran en los patrones de referencia que vienen trazables a las unidades métricas del Centro Nacional de Metrología¹⁹⁰ y pueden hacer servicios de calibración de

¹⁸⁷ *Short Tandem Repeat*, repeticiones en tándem cortas, son fragmentos de secuencias de ADN y la variación de estas secuencias crea los alelos.

¹⁸⁸ La serología estudia e identifica el tipo de material biológico al que pertenecen las muestras entregadas como indicios.

¹⁸⁹ INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A.C. MÉXICO. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NMX-EC-17025-IMNC-2018.

¹⁹⁰ El CENAM “Es responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, ensayos de aptitud y asesorías. Mantiene un estrecho contacto con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y,

equipos, calibraciones de longitudes como los metros, los flexómetros, vernier o laboratorios de masas donde calibran basculas, balanzas y pesos, micro pipetas y termómetros¹⁹¹. En cambio, los laboratorios de ensayo realizan pruebas para algo, en la industria alimenticia un laboratorio de ensayo te hace pruebas para determinar en un producto las grasas, proteínas, carbohidratos del producto final. En el laboratorio de genética forense realiza ensayos porque llegan muestras biológicas y entonces comprueban si las muestras son sangre, si es sangre humana y la posibilidad de obtener un perfil genético. El laboratorio de genética no hace las calibraciones de los equipos, en el laboratorio únicamente hacen las verificaciones, la calibración la hace un laboratorio externo que tenga una acreditación y certificado que pueda realizar estas calibraciones.

4.2.2. La competencia técnica

La norma ISO/IEC 17025 también establece la competencia técnica consistente en la capacitación o formación de los peritos, como ya se mencionó el sistema de gestión de calidad establece los parámetros para que el personal tenga la competencia técnica, que defina los roles a ocupar y los requisitos para la capacitación y experiencia¹⁹². La capacitación en primer lugar abarca los tópicos necesarios respecto al sistema de gestión de calidad de esta manera el experto

consecuentemente, promover la aceptación de los productos y servicios de nuestro país”. MÉXICO. “Centro nacional de metrología”. (documento web), s.f., <https://www.gob.mx/cenam>. 27 de Julio 2020.

¹⁹¹ No es un objetivo de los laboratorios de genética forense realizar las calibraciones, sin embargo, en la mayoría de los procedimientos que hacen tienen documentación de las calibraciones que realizan a cada instrumento y equipo que puede ir desde una pipeta hasta un biorobot, incluso tienen un plan de calibraciones para cada equipo que así lo requiera. En este punto se relacionan los actores especialistas en las calibraciones de los equipos sofisticados y en cuestión del escenario de incertidumbre es muy importante porque una falta de calibración puede poner en duda el correcto funcionamiento del equipo en la interpretación de un resultado y en las medidas exactas en las pipetas, por ejemplificar dos casos.

¹⁹² Los requisitos relativos al personal se encuentran en el punto 6.2 de la NMX-EC-17025-IMNC-2018, que exige que todo el personal que trabaje en el laboratorio debe actuar imparcialmente, ser competente y trabajar de acuerdo al sistema de gestión de calidad del laboratorio. Los peritos expertos en su materia, es decir, en genética forense toman cursos de capacitación de su área de conocimiento y del sistema de gestión de calidad del laboratorio. También en ILAC que es la organización internacional para organismos de acreditación incluyendo la IEC/ISO 17025 puede encontrarse los lineamientos de la competencia técnica. ILAC: Modules in Forensic Science Process, (Documento web). 2015. Recuperado el 18 de junio de 2019, disponible en:

<http://www.iaac.org.mx/Documents/Controlled/Guidance/GD%2037%20ILAC%20G19%20Forensics.pdf?download=809>.

conoce los pasos del sistema y se familiariza a ellos para que no le sean ajenos, la documentación efectiva y los registros. Una vez que se cubren estos temas, ahora cada área o laboratorio desarrolla los tópicos concernientes a su especialidad, estos tópicos pueden ser desarrollados por personal externo o por los mismos peritos del laboratorio quienes realizan una presentación de los temas asignados para posteriormente darlos a conocer a sus compañeros.

José indica que la capacitación en el laboratorio de genética forense fue de tres maneras: el sistema de gestión de calidad presentó los tópicos específicos de la gestión de calidad generales para conocimiento del laboratorio. En segundo lugar, se presentaron los tópicos de la especialidad en genética forense brindados por un agente externo en este caso ICITAP¹⁹³ y proveedores de equipo y materiales en específico, quienes les enseñaron a utilizar dichos equipos y sus reactivos, recibieron una capacitación para su uso y mantenimiento. La tercera forma fue por investigación de los mismos peritos del laboratorio, cada perito investigaba un tema y lo daba a conocer a los demás. Lo importante de esta capacitación es demostrar que los peritos realmente han tomado esos cursos de capacitación y muy importante es demostrar de manera documentada que los peritos cuentan con esa capacitación.

Ahora bien, la evaluación de los peritos en genética forense puede ser por medio de exámenes o demostrando el dominio del tema. Luego vienen las pruebas o evaluaciones prácticas, en esta etapa existen dos tipos de pruebas, las pruebas de desempeño y las pruebas de proficiencia. Las pruebas de desempeño en donde

¹⁹³ *The International Criminal Investigative Training Assistance Program*. Como ya fue citado es un programa del Departamento de Estado de los Estados Unidos, que proporciona asistencia internacional en seguridad nacional y política exterior en colaboración con los países anfitriones a instituciones policiales, profesionales y transparentes que protejan los derechos humanos, combatan la corrupción y reduzcan la amenaza de la delincuencia transnacional y el terrorismo. ICITAP es otro actor en el desarrollo de la acreditación, ha capacitado a personal del laboratorio de genética forense en cuestiones técnicas, las mejores prácticas internacionales y la conformidad con la norma internacional ISO, además por medio de ICITAP se ha entregado recursos por medio de equipo y materiales para el laboratorio forense; hay que recordar que parte de estos recursos vienen de la Iniciativa Mérida como un programa que establece una cooperación bilateral entre México y Estados Unidos de Norteamérica.
<https://www.justice.gov/criminal-icitap>

el perito demuestra que pueda realizar una prueba como tal, esto es, un ensayo o el análisis como debe hacerse en el laboratorio. Consiste en evaluar el trabajo del perito con un indicio para la obtención de un perfil genético y que pueda hacer la confronta, que obtenga una conclusión y entregue un dictamen, en ese sentido se valora si puede o no cumplir con los alcances del laboratorio. Las pruebas de desempeño se realizan cada que el perito va a conocer un alcance del laboratorio.

Las pruebas de proficiencia¹⁹⁴ son realizadas por un agente externo, tiene que estar acreditado para formular pruebas de proficiencia y cumplir con la norma que respalde la competencia técnica para aplicar estas pruebas. El laboratorio externo capacitado para realizar este tipo de pruebas manda la prueba que consiste en una serie de indicios los cuales se deben trabajar en el laboratorio para obtener un resultado, una vez concluida se envían los resultados y el agente externo valora si el laboratorio se acercó al resultado, ya que es una prueba conocida por este laboratorio. Si el resultado se acercó a los estándares requeridos con esta prueba se determina que todo el sistema de gestión de calidad del laboratorio en esa área en específico está funcionando. No se requiere hacer una revisión, simplemente piden la documentación que respalda esta prueba. La prueba de proficiencia se realiza dependiendo los alcances que se tengan, la norma dice que por lo menos cada 4 años tiene que dar prueba el laboratorio de sus alcances.

Comenta José que una estrategia que realizan los laboratorios para aprovechar las pruebas de proficiencia que han sido compradas a laboratorios externos consiste en que un perito del laboratorio realice la prueba de proficiencia y de esa misma prueba le dan muestras a otros tres peritos del mismo laboratorio quienes realizaran de manera separada el procesamiento de dichas muestras, una vez que llegan los resultados de la prueba de proficiencia se evalúan también los tres peritos extras que compartieron esta prueba. Entonces, cuando el laboratorio que les vendió la prueba los califica diciendo que, sí están aptos porque obtuvieron los resultados esperados y se comparan esos tres peritos que replicaron esa prueba

¹⁹⁴ Las pruebas de proficiencia determinan el desempeño y monitoreo continuo de los laboratorios. Recuperado de: <https://www.hn-proficiency.com/profi.htm>.

de proficiencia, eso valdría para ellos como una prueba inter-laboratorio lo cual es valido. Hay que recordar que la prueba de proficiencia evalúa el laboratorio no le interesa tanto quien fue, con esta estrategia además de ello evalúan a tres peritos del mismo laboratorio.

4.2.3. Las validaciones en el laboratorio

Las validaciones a decir de José son de total importancia para la metodología en los diferentes procedimientos al interior del laboratorio ya que, para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, de los instrumentos y de las diferentes metodologías deben estar validadas, lo cual implica trabajo de los peritos para realizar dichas validaciones, así como su documentación para que existan registro de estas validaciones. El laboratorio debe iniciar con un plan de validaciones en donde se reporta las diferentes validaciones y las herramientas necesarias para poder realizarlas. Entonces, ¿Qué es lo que se necesita validar? existen tantas validaciones como procedimientos en un laboratorio. Se valida cada que se tiene un equipo nuevo, una metodología o un reactivo para usar. La diferencia entre la validación y la verificación se explica con el siguiente ejemplo que expone José, suponiendo que se cuenta con un lote de kits nuevos que ya había sido validados anteriormente, ahora lo que se hace con ese nuevo lote es realizar una verificación para comprobar que el kit nuevo emite los mismos resultados que el anterior y esto puede hacerse con una sola prueba. Pero, si se cambia a un kit que nunca había sido utilizado, se tiene que validar porque el sistema va trabajar con este nuevo kit. Entonces la validación es el registro que se hace para incorporar un elemento nuevo al sistema, en cambio la verificación se realiza cuando el producto es nuevo, pero ya había sido validado, verifica que siga ofreciendo los resultados al anterior. ¿Qué

ocurre si una verificación no la pasa un kit? se tiene que volver a hacer una validación del procedimiento. La validación consta de los siguientes pasos¹⁹⁵.

1. Que el método sea selectivo, es decir, identifica lo que el laboratorio requiere identificar. El análisis que se va a realizar permite identificar (tipificar el ADN y obtener un perfil genético). En el caso de un método su objetivo es conocer si es lo suficientemente sensible para poder obtener el resultado del perfil genérico en una muestra.

2. Determinar cuál es el límite de detección y el límite de cuantificación, que tan poco debe ser el perfil genético para determinar un tipo completo, y que tan poco material genético se necesita para hacer un análisis. Cuando menos tener una cantidad suficiente y hacer un perfil completo. Por ejemplo, cuando la cantidad de la muestra es tan poca que no será posible obtener un ADN.

3. Rango de trabajo, a partir de los dos puntos anteriores, se delimitan el rango de trabajo, por ejemplo, José lo explica de la siguiente manera, con un pelo para poder determinar un perfil es necesario que tenga raíz, si no se tiene una raíz completa de un pelo no se va poder determinar un perfil genético. En el caso de las células espermáticas, por lo menos se debería tener tres células por campo de 40x en el microscopio, es decir, que el perito pueda observar en los lentes tres células para garantizar que se va obtener un perfil completo. Una colilla de cigarro debe estar en buen estado, no contaminada y no deteriorada, si presenta estas características no es posible obtener un perfil genético. Respecto al tema de las heces o material fecal no se pudo determinar un perfil, quizá otro laboratorio tenga la tecnología, pero este laboratorio establece un rango de trabajo para determinar cuales son sus alcances.

4. Sensibilidad, si ya se tiene un límite de detección y un límite de cuantificación entonces se puede especificar cuál es el análisis de sensibilidad, se

¹⁹⁵ENFSI. "Recommended Minimum Criteria for the Validation of Various Aspects of the DNA Profiling Process". (documento web)2010. Recuperado el 9 marzo 2019. Disponible en: http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/minimum_validation_guidelines_in_dna_profiling_-_v2010_0.pdf.

puede distinguir un perfil completo en tantas cantidades de células, se necesita una cantidad de células para hacer el trabajo.

5. Incertidumbre, en genética no se tiene tanta incertidumbre, por que la medición es indirecta que no llega a los resultados, se puede medir las cantidades para saber que tan aptos son para poder hacer el análisis, pero no para interpretar los resultados.

6. Precisión. Reproducibilidad, es que todos los puntos caigan lo más cerca posible.

7. Exactitud. Qué tanto se acerca a la exactitud teórica, los puntos están lo más cerca posible de la medida teórica o del resultado teórico. Puede ser muy preciso pero nada exacto, y puede ser muy exacto pero impreciso. Debe existir un equilibrio entre precisión y exactitud, el laboratorio determina cuales son los límites valorables para considerar un estudio valido. Se puede corroborar con una desviación estándar.

Y por último vienen las recomendaciones para cada una de las validaciones, de esta forma puedan determinar su rango de trabajo, repetitividad, reproducción, precisión, exactitud, límites inferiores y límites superiores que se encuentren dentro de lo que se esperaba y si en las mediciones que se hacen siguen siendo constantes. Por ejemplo, para validar que el hisopo es un buen instrumento para levantar una muestra de sangre con una sola prueba se conoce su efectividad, sin embargo, para saber si la lectura de la electroforesis capilar está funcionando se llevan a cabo varias acciones para validarla y la recomendación pueden ser en tandas de 10 o 5 muestras que deben ser corridas para asegurarse de que ha cumplido con los parámetros de la validación.

4.2.4. Las revisiones de trabajo

Las revisiones del trabajo realizado en el laboratorio son necesarias para garantizar los resultados de los análisis, por ejemplo, una revisión por pares en una prueba presuntiva¹⁹⁶ se necesita la validación de otra persona, como esta prueba presuntiva tiene un tiempo de efectividad de 5 a 10 minutos en ese tiempo lo valida otro perito debido a que ambos observaron e interpretaron en el mismo sentido, si es imposible que otro perito este presente se toman fotografías que después serán validadas dichas imágenes y determinar si realizó una buena lectura del resultado. La revisión técnica consiste en corroborar que todos los procedimientos se realizaron y están respaldados en la documentación con fotos y registros. El objetivo es precisar que todos los procedimientos están dentro del manual y su resultado es válido. La revisión administrativa corrobora que la información se encuentre dentro de los parámetros generales del sistema de gestión de calidad.

Una vez revisado los principales pasos que la norma establece para que el sistema de gestión de calidad se implemente en el laboratorio de genética forense, conociendo el aporte de la estandarización, el contraste con los escenarios de incertidumbre y la participación de los distintos actores, ahora se describirán las diferentes etapas que una muestra recorre dentro del laboratorio y cómo se hacen efectivas las exigencias de la normatividad aplicadas en el laboratorio por los actores.

¹⁹⁶ Una prueba presuntiva también conocida como pruebas orientativas, son generalmente pruebas rápidas que ayudan en la decisión de los estudios analíticos que confirman la suposición de la prueba rápida. Existen pruebas presuntivas para orientar si una mancha pudiera ser sangre humana, para determinar si una mancha pudiera tener células espermáticas, para saber si una sustancia pudiera tener activos de alguna droga, etc.; una vez que se tienen estos resultados presuntivos se confirman en los laboratorios forenses.

4.3. Descripción en el recorrido de la muestra biológica o indicio en el laboratorio de genética forense acreditado

Una vez establecido el proceso general y los alcances del laboratorio ahora se describen los diferentes procedimientos que en el laboratorio se llevaran a cabo. En este apartado continuaremos con las entrevistas e información aportadas por José. Los procedimientos son la descripción documentada de acciones puntuales para saber cómo se llega al proceso final, por ejemplo, existen procedimientos para la toma de muestras, para pasar la muestra a un análisis, la utilización de cierto equipo, la utilización de ciertos instrumentos, entre otros. Todas estas acciones debido a que se encuentran documentadas y registradas permitirán corroborar la conformidad con la norma y la competencia técnica de los diversos procedimientos al interior del laboratorio de genética forense.

Los procedimientos antes mencionados para José se pueden identificar por el recorrido que realizan las muestras al interior del laboratorio de genética forense, en general, este recorrido se utiliza para cualquier muestra, implica el cumplimiento del proceso, la aplicación de diversos procedimientos para llegar al resultado y la constante interacción de los sujetos expertos con instrumentos, objetos, equipos y acciones de documentación de todo lo anterior, por lo tanto, este recorrido se compone principalmente de la documentación que registran los procedimientos, el uso de los equipos, instrumentos, calibraciones, verificaciones, controles entre otros procedimientos y acciones.

Para José la documentación de los procedimientos es un esfuerzo por la elaboración de hojas de trabajo para cada caso y para cada procedimiento o acción que tuviera un registro. Se infiere como ya se mencionó que esta documentación es la respuesta al escenario donde no se tenía ningún protocolo de registro de lo que se hacía en el laboratorio o este era muy escueto, la incertidumbre de no contar con estos registros podía hacer endeble cualquier muestra que después pretendiera ser prueba. Todas las hojas de trabajo son llenadas por el experto que va trabajar las muestras, se componen principalmente de datos que identifican el caso que está

trabajando, normalmente se coloca el número de la carpeta de investigación, después, para ubicar la trazabilidad cronológica e identificación de las personas que tuvieron contacto con la muestra se coloca la fecha, hora y persona que recibe (perito) y la persona que lo solicita (fiscal o autoridad) y el número de respuesta con el que se va dictaminar. Los datos anteriores son una constante en las diferentes hojas de trabajo que documentan los procedimientos, por lo tanto, en cada procedimiento y en las siguientes descripciones cuando se mencione que se colocan los datos de identificación del caso se hace alusión a estos datos, porque en lo posterior cada hoja de trabajo tiene la información que la caracteriza y que documenta las acciones, de igual forma identifica al experto que trabajó la muestra y su correspondencia con las fechas y horas que fueron procesadas. También hay que señalar que estas hojas de trabajo son de uso interno en el laboratorio.

La documentación y registros en el recorrido de una muestra en el laboratorio de genética forense son los siguientes: 1. Oficio de la solicitud documentada, 2. Hoja de recepción del laboratorio, 3. Registro de alta en el sistema interno del caso, 4. Inventario del análisis preliminar, 5. Documentación del proceso de extracción, 6. Cuantificación, 7. Hoja de resultados de la cuantificación, 8. Normalización y amplificación, 9. Vaciado de resultados, 10. Estudio estadístico y 11. Dictaminación o informe de resultados. A continuación, se desarrollan estos puntos de la documentación en relación a las áreas y equipo utilizada en cada procedimiento.

4.3.1. Recepción de las muestras

Según José, en el área de recepción es el lugar donde inicia el recorrido de las muestras al interior del laboratorio, dicha área se localiza en la puerta de ingreso al laboratorio, esta zona tiene una doble función, la primera es controlar el ingreso al laboratorio de personal externo y verificación del ingreso del personal autorizado, existen libros de registro para el personal que visita el laboratorio y la otra función es registrar en los libros las muestras que ingresan al laboratorio. Una vez que llegan los indicios con sus garantías técnicas y legales, es decir, embalados y protegidos ya con la petición materializada en un oficio y su respectiva cadena de

custodia, el experto revisa esta documentación y en este momento se cuenta con el primer registro documentado que es el oficio de solicitud o petición de origen, la cual puede venir acompañada de una o varias muestras; este documento indica qué se va realizar con las muestras, por ejemplo, prescindiendo de la información formal de un oficio el enunciado de petición podría ser “*De las muestras biológicas enviadas a estudio que fueron obtenidas de una persona X, necesito conocer el perfil genético*”. Esta petición viene acompañada de las muestras para analizar y el registro de cadena de custodia de dichas muestras.

El segundo registro que describe José es la *hoja de recepción* en el laboratorio de genética forense, por lo que se advierte esta hoja y las siguientes hojas de trabajo se entiende que son una de las implementaciones que el proceso de acreditación exige, tiene que ver con la documentación de todos y cada uno de los procedimientos en el laboratorio, esta documentación garantiza fechas, personas o actores como se ha venido identificando, protocolos utilizados en el laboratorio, uso correcto de los equipos e instrumentos, entre otras actividades relevantes al interior del laboratorio quedando registradas para revisiones y consultas internas por personal del laboratorio, revisiones externas para los agentes de las entidades acreditadoras y para revisiones legales cuando así lo soliciten las partes en el proceso ya sea la fiscalía o la defensa. Continuando con la hoja de recepción la cual contiene los datos de identificación del caso antes mencionados, esta hoja de trabajo sirve para revisar la petición solicitada que debe estar conforme al proceso del laboratorio. Se revisan los indicios que vienen anexos y que tengan relación con la cadena de custodia que los acompaña. En este momento, una vez que se revisa y cumple con lo anterior se registra con un número interno que es el número de respuesta y que en las siguientes hojas identificará al caso o carpeta de investigación.

En esta hoja de recepción José menciona que tiene un apartado donde se coloca una síntesis general del asunto que se va trabajar, contestando la siguiente pregunta ¿por qué están enviando esta muestra? Se necesita esta información para conocer el tipo muestra biológica con la que se va a trabajar, ¿de qué manera fue

recolectada, embalada y transportada la muestra?, esto con la finalidad de aplicar la técnica de extracción conveniente para la muestra, porque pueden ser diferentes los criterios y los reactivos que se utilizan para cada uno de los indicios. Por ejemplo, cuando se trabaja con una prenda de vestir que tiene manchas rojas, pero ¿Qué interesa saber en esta prenda de vestir, el origen de las manchas o saber quien la portaba? O ambas cosas, porque son objetivos diferentes. Siguiendo este caso quizá el interés está en conocer el origen de las manchas rojas porque la prenda de vestir fue asegurada cuando la portaba un sospechoso y la intención es comprobar si la sangre es de la víctima, en la investigación ya se encuentra establecido que la camisa la portaba el sospechoso, entonces el objetivo no es quien la portaba sino establecer la procedencia de las manchas rojas. Esto último también abarca otro criterio importante de comentar, la tendencia en el uso de la tecnología forense ha propiciado un abuso en su utilización, cuando se pueden establecer por otros medios que son más económicos, con menos desgaste institucional y que comprueban lo mismo como el caso de la prenda de vestir, se puede comprobar la portación de la prenda porque la traía el sujeto cuando se aseguró, en lugar de hacer una prueba de genética forense para decir lo mismo.

Otro apartado en esta hoja de trabajo que José refiere es la comunicación con el cliente¹⁹⁷, este apartado se llena cuando existe una confusión, el alcance del laboratorio no se puede cumplir o materialmente es imposible realizar el análisis. Ejemplo, solicita el cliente que se obtenga un perfil genético de una prenda de vestir que estuvo por lo menos 4 días al interior de un medio líquido, en un río, por las condiciones materiales en ese ambiente líquido los indicios biológicos están expuestos a su degradación y contaminación, por lo tanto, ya no es posible obtener un perfil genético, no se tiene el alcance de realizar la petición. Entonces se comunica con el cliente, en este caso el fiscal y se anota lo que se acordó con el cliente respecto al tratamiento de la prenda de vestir, debido a que en materia de

¹⁹⁷ El cliente es la entidad en este caso la autoridad que solicita se realice un análisis al laboratorio de genética forense, la norma establece que se le denomine cliente. Sin embargo, se puede considerar que este término está más apegado al ambiente empresarial o de servicios privados y habría que discutir su relación en un contexto institucional y de procuración de justicia.

genética es imposible obtener un perfil genético. Otro ejemplo, es cuando se remiten heces o material fecal, a pesar de que existen técnicas para obtener perfiles genéticos de este material, el laboratorio ha establecido en sus alcances la imposibilidad de obtener un perfil de dicho material, por lo tanto, se le comunica al cliente esta imposibilidad.

A decir de José esta hoja de recepción se llena con la intención de que el indicio cumpla con las características necesarias para su procesamiento y emitir un resultado del laboratorio de acuerdo al alcance del mismo. En caso de que no coincida con alguna característica para su procesamiento o que la solicitud se exceda en el alcance del laboratorio, esta hoja también funciona como una hoja de rechazo dejando evidencia de la negativa para su análisis. Como se puede notar este es el primer paso en la estandarización en el proceso de acreditación para enfrentar un problema de incertidumbre técnico científico correspondiente a la definición clara y documentada de los alcances del laboratorio forense, además de la constancia de los acuerdos a los que llega el cliente (fiscalía) con los alcances del propio laboratorio cuando no es posible realizar un análisis de las muestras.

Siguiendo el camino de las muestras en el laboratorio, José indica que una vez revisados y aceptados los indicios se da de alta la solicitud de la autoridad en el sistema interno tanto del dictamen a entregar como de los indicios a procesar. Se tiene un libro físico con un registro infalible de lo que está en él, ya que no se puede borrar o discontinuar la numeración secuencial. Este libro se llama libro de gobierno, porque gobierna el flujo de trabajo interno, allí es donde va anotada la respuesta que se le va a dar a la solicitud, por cada solicitud un número de respuesta y si tiene indicios se le da un número al indicio para identificarlo.

El alta en los libros de registro tanto de gobierno como en los libros digitales, además de llevar el control del número interno del caso, permite que se identifiquen los indicios de manera unívoca, ya que se identifica cada indicio, esto pensando en que durante un año pueden existir bastantes casos y tantas cadenas de custodia que registran el indicio 1 o indicio 2 y así sucesivamente. La norma establece que se debe tener una forma de identificar los indicios de manera inequívoca, única e

irrepetible, para que en cualquier momento y en el transcurso del proceso puedan ser consultados de una forma distinguible y única. Un ejemplo para identificar el registro de manera única e irrepetible es de la siguiente manera, se le asignan dos dígitos para el año y un número consecutivo ejemplo: 20-001 y de este número se pueden derivar. Ejemplo un celular se registró con el número consecutivo 20-038, pero cuando se estaban analizando se descubrieron 2 zonas más para análisis, entonces se deriva en 20-038.1 y 20-038.2, en el análisis final hay una fuente origen, el celular, y dos muestras analizadas que fueron derivadas. Para un mejor registro se tiene el apoyo de tablas en hojas de calculo del programa *Excel*, también funcionan en caso de realizar búsquedas rápidas que después se corroboran con el libro de gobierno.

4.3.2. Pre-análisis de las muestras

La hoja de inventario de análisis preliminar José comenta que sirve para establecer lo que se recibió como indicio y cómo se le va dando seguimiento. Se llena una por caso. Esta hoja contiene los datos de identificación, la fecha en la que se empieza a procesar, el delito y quien está analizando las muestras, se colocan las iniciales del perito. Esta hoja ya se puede llenar en la computadora porque se encuentra dentro del sistema del laboratorio, a diferencia de las hojas anteriores que son llenadas a mano porque se está fuera del laboratorio o en la recepción del edificio. Esta hoja se relaciona con la cadena de custodia para saber cuántos indicios son los que se van a trabajar, cuántas derivaciones se obtuvieron, la asignación del número univoco y la descripción breve del soporte en el que venía la muestra (hisopos, telas, objetos).

En este momento las muestras reciben un análisis preliminar para continuar con los procedimientos, José nos explica por medio de un ejemplo; se puede hacer un análisis preliminar en caso de que se envían filamentos pilosos (pelos) en este caso cabellos, buscar si vienen con raíz o si tienen un bulbo en el extremo de donde nace el cabello debido a que se pueden obtener únicamente células de ese bulbo y no del resto del cabello, por lo tanto, si el cabello no tiene bulbo de células no es

posible hacer análisis de genética. En otro ejemplo, para saber si hay sangre, se hace una prueba de hemoglobina humana, cuando se tiene duda por el color (muy café por el tiempo) o cuando no es muy visible. En una prenda de vestir se identificará el lugar de las manchas que van a ser sometidas a los análisis. En el caso de indicios (objetos) como cuchillos o un martillo, se le toman muestras de la asas o empuñaduras para identificar quién sostuvo o empuñó el objeto, en el otro extremo del instrumento, es decir, la parte contundente del martillo o la punta y filo del cuchillo se toman muestras para obtener algún perfil que permita identificar quién posiblemente tuvo contacto con el área de trabajo de estas herramientas. Los datos anteriores sirven para preparar la muestra, ubicar las zonas de muestreo junto con las zonas que derivan en el estudio del indicio.

Antes de hacer los análisis preliminares de las muestras a estudio José refiere que se debe preparar la zona dónde se va trabajar, la mesa de trabajo debe contar con un registro de limpieza, asimismo, cuando el perito termine de hacer este análisis preliminar debe llenar la bitácora de limpieza y apuntar en la hoja de trabajo que se recibió y entregó el área limpia. Aun con todo lo anterior, existe un programa de limpieza que se hace todos los días, una vez por semana y una vez por mes, cada uno de ellos tiene ciertas características y objetivos de limpieza.

4.3.3. Extracción de cromosomas

José explica que la extracción se compone de dos etapas: la digestión y la separación de los cromosomas para poder realizar la extracción del ADN. La *hoja de trabajo del proceso de extracción* registra los datos de identificación, se llena a mano porque se realiza al momento en el área de trabajo. En esta hoja se hace un listado de las muestras que van a ingresar al procedimiento de extracción. En este procedimiento se colocan además de las muestras que corresponden al caso particular, otras muestras de casos distintos que son identificados para evitar confusiones. Primeramente, las muestras ya vienen en tubos de microcentrífuga identificados como *ependorf* (ver figura 1) por ser la marca comercial más utilizada,

estos tubos vienen con un filtro en la parte superior, estas muestras fueron preparados de esta manera en la etapa previa de pre análisis.

Las muestras se colocan en unas charolas de transportación con los tubos de microcentrifuga y se preparan en una campana de bioseguridad *air clean 600* (ver figura 2). La función de esta campana de bioseguridad es que en esta zona el contraflujo constante de aire hacia la persona que esta manipulando la muestra evita una contaminación cruzada. Las muestras se destapan para agregar los reactivos por medio de pipetas calibradas y especializadas dependiendo la cantidad que marcan los protocolos, se prepara con proteinasa K para que rompa las proteínas de las membranas celulares, se coloca un detergents y buffer para que tenga la muestra un PH adecuado y no se destruyan los cromosomas.

Una vez preparadas las muestras ahora se colocan en un equipo conocido como biodigestor de la marca *Termomixer confort*, 1.5 ml. (ver figura 3). Este equipo lo que hace es vibrar y calentar; la vibración y la temperatura ayuda a que las células se rompan y se liberen los cromosomas.

Figura 1. Imagen de un tubo de micro centrífuga.



Figura 1. Imagen de un contenedor cilíndrico de plástico, cuenta con un fondo en forma cónica y tiene una tapa unida que se asegura a presión evitando la salida del contenido. Es conocido como tubo de microcentrifuga, comercialmente y en el medio forense se conoce como tubos *eppendorf* por la marca comercial que los fabrica. Tiene características prácticas para el laboratorio, su fabricación es de bajo costo, por lo tanto, son desechables, el contenido de interés queda en el fondo cónico y la tapa a presión evita derrames. Imagen obtenida de: <https://online-shop.eppendorf.com/OC-en/Laboratory-Consumables-44512/Tubes-44515/Eppendorf-PCR-Tubes-PF-8634.html>.

Figura 2. Imagen de una cabina de seguridad.



Figura 3. Imagen de termo mezcladora.



Figura 3. Imagen de una termo mezcladora, su función es vibrar y calentar para romper las células y que se puedan obtener los cromosomas. Imagen obtenida de: <https://online-shop.eppendorf.com.br/BR-es/Control-de-temperatura-y-mezcla-44518/Instrumentos-44519/Eppendorf-ThermoMixerF-PF-133437.html>

Cuando las muestras han pasado por el proceso de digestión, José indica que son colocadas en un biorobot¹⁹⁸ de la marca *Automate express*, (ver figura 4)

¹⁹⁸ Los equipos biorobots realizan extracciones orgánicas estándar, aumentan la eficiencia del ADN extraído robóticamente, transportan la muestra, agregan los componentes de los kits, analizan la muestra sin la intervención o manipulación humana en estos procesos y son realizados con un alto rango de exactitud. KISHORE, Ram, et.al. "Optimization of DNA Extraction from Low-Yield and Degraded Samples Using the BioRobot® EZ1 and BioRobot® M48". (Documento web) 2006, recuperado el 22 de julio 2020, disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1556-4029.2006.00204.x>

el biorobot trabaja por carriles y cartuchos específicos, cada línea y canal está separado de manera independiente en el proceso de trabajo. Este biorobot realiza la separación de los cromosomas de los restos celulares, el biorobot hace diferentes lavados para obtener los cromosomas limpios. En los cromosomas está el ADN y en los restos celulares se encuentra material que no sirve para la tipificación, el biorobot realiza una serie de separaciones y al final queda un líquido transparente.

El cartucho del kit¹⁹⁹ para este equipo tiene preparados diversas sustancias para diluir, alcohol para lavar, perlas para preparar los cromosomas y más soluciones de lavado, lo que hace el biorobot es transferir de un lugar hacia otro de manera mecanizada. Lo primero es diluir la muestra, luego se agregan las perlas, se agrega el alcohol para lavar y quitar las grasas y después se mezcla para que las pequeñas partículas magnetizadas se adhieran al ADN, después pasan por un imán de esta manera únicamente pasa el líquido sobrante y el ADN se queda atrapado en las paredes de las pipetas. Al final pasa a la estación que contiene un reactivo que va a cambiar el PH y hacer que el ADN que estaba en las perlas magnéticas se separe, de esta manera el ADN queda en el último pozo en un tubo de microcentrífuga con tapa, este procedimiento es la extracción del ADN.

En este procedimiento el laboratorio debe garantizar que no hubo contaminación cruzada²⁰⁰ y que el sistema junto con el equipo funciona correctamente, esto es un requisito de la norma y un protocolo de las futuras auditorías del laboratorio. Para comprobar que no hubo contaminación cruzada y que el equipo funciona correctamente José expresa que se realizan pruebas positivas y pruebas negativas. Es importante explicar cuál es el uso de las pruebas positivas y negativas porque en los siguientes procedimientos se hacen uso de ellas con el mismo fin, pero con sus particularidades del equipo y del procedimiento.

¹⁹⁹ KIT PARA LA EXTRACCIÓN ES: termofisher prefilier express. De 52 muestras.

²⁰⁰ Se conoce a la contaminación cruzada cuando en la manipulación de diferentes muestras, en áreas de trabajo se corre el riesgo de que se contaminen con otras muestras que se encuentran en la misma área. Las fuentes de contaminación cruzada son principalmente otras muestras.

El control negativo, prueba que no hubo contaminación cruzada porque al momento de correr las muestras en el equipo se coloca una muestra previamente conocida como negativa, si esta muestra negativa al momento de obtener los resultados tuviera una señal²⁰¹ quiere decir que hubo una posible contaminación cruzada, por lo tanto, el resultado de las demás muestras está en duda debido a la posibilidad de una contaminación. Lo que se espera de un control negativo es que no emita ninguna señal, entonces los resultados de las demás muestras son confiables por la ausencia de contaminación.

Figura 4. Imagen de Biorobot que realiza el sistema de extracción de ADN.



Figura 4. Imagen de biorobot. AutoMate Express de la marca Applied Biosystems. Este Biorobot separa los cromosomas de los restos celulares procedimiento conocido como extracción. Imagen recuperada de:

<https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/4441763#/4441763>.

²⁰¹ La señal se refiere cuando se hace una lectura en las gráficas de los resultados, es una muestra de datos que después se interpretan, estos datos pueden ser líneas en picos muy parecido a los electrocardiogramas o se pueden expresar en números. Entonces, en un control negativo debido a que no contiene ningún material biológico no tendría porque emitir señal, si emitiera una señal se puede inferir que hubo una contaminación cruzada.

El control positivo es una prueba que verifica el funcionamiento correcto de los equipos, este control ya viene preparado en los kits comerciales y emiten resultados conocidos, con ello permite comprobar que el sistema funciona adecuadamente, es decir, los materiales están en óptimas condiciones y el equipo opera en óptimas condiciones de uso. En cambio, si este control positivo no dio la señal esperada significa que existe un problema en el sistema y se debe averiguar el origen del problema, puede ser una falla en el equipo, el kit o los reactivos no estuvieron en óptimas condiciones, está fallando el perito que corrió las muestras, entre otros. Una vez localizada la falla, se corrige, se vuelven a correr las muestras y se corroboran los resultados. Estos controles se utilizan en los diferentes equipos y como ya se explicó su función es detectar una posible contaminación si el control negativo emite una señal y un mal funcionamiento del sistema si el control positivo no emite la señal esperada y previamente conocida.

Villalobos considera este procedimiento como un arte debido a que los expertos forenses obtienen ADN de diversas fuentes que como menciona el autor *muchas veces no imaginadas*, como chicle, manchas, pintalabios, una tasa, una botella con agua, un pasamontaña, restos calcinados, un rastrillo, cepillo de dientes, etc. Para concretar este procedimiento de extracción vale la pena mencionar lo que al autor le parecen ser los pasos principales de una extracción de ADN: a) Lisis celular, esto es la destrucción de las células, pueden ser epiteliales (mucosa oral, fluidos vaginales, leucocitos en sangre); separar los leucocitos (que si tienen ADN) de los eritrocitos (sin ADN); descalcificar el hueso; entre otros²⁰².

“1b) Purificación, para separar al ADN de las proteínas y los restos celulares que dejó la lisis celular previa.

1c) Precipitación, que consiste en separar al ADN mediante su deshidratación en alcohol absoluto y dejarlo secar.

²⁰² VILLALOBOS Rangel, Héctor. “Lo que se debe saber acerca de las pruebas de ADN en el contexto forense”, *Revista ciencias forenses de Honduras*, Honduras, volumen 3, número 2, 2017, pp. 32.

1d) Resuspensión, para rehidratar el ADN con una solución que lo protege de la posible degradación”²⁰³.

José señala que en las hojas de trabajo donde se utilizan equipos especializados como biorobots tienen un espacio para ubicar la muestra que se está trabajando en el equipo, en esta tabla se marca con un color que resalte al espacio que le corresponde para ubicarla posteriormente. En esta misma hoja se registra la fecha y hora que se está trabajando, el biorobot utilizado por ejemplo: (Auto Mate Express 1), la termocicladora es la *TM4*, reactivos de las muestras, cada reactivo tiene un número de lote que se anota en la hoja de trabajo; este registro del lote de los reactivos sirve en caso de que un producto tenga un defecto, de esta manera se identifica y se saca del sistema todo el lote dañado que ha causado error. En este procedimiento de extracción se entrega el ADN en tubos con un líquido translúcido parecido al agua, se etiqueta para identificarlo y se pasa al siguiente procedimiento.

4.3.4. Cuantificación

El siguiente procedimiento es la cuantificación del ADN, José menciona que en este paso se llena *la hoja de cuantificación*, se toma una pequeña parte del líquido que se obtuvo de la extracción para saber cuánto ADN contiene la muestra y qué tipo de ADN. El equipo para la cuantificación tiene una charola con 96 pozos que se va identificando A1 con la respectiva muestra y así consecutivamente, cada uno de los pozos es un sistema independiente. Le caben 84 muestras porque se van a utilizar 10 para hacer los estándares, principalmente 2 para los controles internos negativos y el control positivo de reacción.

En la hoja de trabajo se identifican las muestras utilizadas, el lote de cuantificación, la fecha que se realizó, cómo se hicieron los cálculos para realizar los reactivos suficientes, si se verificaron las mezclas, los estándares, los controles positivos y negativos, se verifica que se hayan sacado las burbujas, que se sello

²⁰³ VILLALOBOS Rangel, Héctor., *Op.cit.* Pp.32.

perfectamente la muestra, la fecha y hora de cuando se realizó, cómo fue identificado el archivo y quién realizó la cuantificación.

Posteriormente, José explica que se coloca una cantidad de ADN y después se colocan los reactivos, hay un marcador con un brillo específico que va a detectar si es ADN humano, hay otro marcador que va a identificar si hay ADN masculino, otro marcador va a detectar si hay un cierto grado de degradación. Si el ADN está íntegro el marcador grande se va a poder identificar, pero si el ADN se encuentra degradado el segmento grande no va a amplificarse, amplificándose otros más pequeños habiendo una relación de diferencia con otro patrón (la degradación sucede por calor, condiciones del lugar, humedad, bacterias, entre otros). Los resultados de la cuantificación y atendiendo a los controles positivos y negativos se ingresan en una hoja de Excel para que haga los cálculos específicos, de ser necesario se hace un ajuste que se realiza en el siguiente procedimiento.

José refiere que en este momento se llena *la Hoja de resultados de cuantificación*. Cuando tiene mucho ADN se requiere hacer una dilución, la muestra se marca con un “-D”, cuando sobrepasa los rangos de la muestra que es necesario regularlo y normalizar la muestra para que ingrese al procedimiento de amplificación. Esta muestra por arriba del rango se encuentra encima de los parámetros y hace que sea muy complicado trabajar con ella, por esta razón se tiene que estandarizar, entonces se tiene que diluir y volverla a cuantificar. La tabla de cálculo donde se colocan los valores presenta un rango dinámico de cuantificación y si sobrepasa la cuantificación estándar ya no son datos tan confiables, entonces se tiene que regresar para regularla. Se vuelve a meter a cuantificación para que los resultados estén dentro del rango y hacer los cálculos específicos.

Según José en este momento se llena la hoja de normalización y amplificación, donde se colocan los resultados anteriores en una tabla que se llama normalización y amplificación. Pero, para hacer los cálculos se toman los resultados de la cuantificación, se ponen en lista, se preparan según los cálculos de normalización para volverlos a correr. Los valores se meten en una tabla de Excel,

aquí el programa calcula cuánto se necesita para alcanzar el nivel adecuado y hacer una amplificación en buenos términos. La tabla va diciendo que se necesitan hacer, son concentraciones para hacer 1 a 10. La siguiente dilución es 10 veces, el estándar es lo más adecuado, la estandarización se determinó porque para el laboratorio el factor de 10 era lo más fácil para llegar a la concentración adecuada que se necesitan. En otros laboratorios la estandarización puede ser diferente, cada laboratorio registra cuál es la mejor forma para trabajar y desarrollan una tabla de registro que documenta la dilución de la muestra y que se tiene las concentraciones esperadas para llevar a cabo la reacción que garantice el resultado.

4.3.5. Amplificación

La amplificación se realiza por medio de la técnica PCR (Reacción en Cadena Polimerasa). José menciona que en esta sección se utiliza otra campana de bioseguridad en donde a la muestra se le agregan los reactivos de reacción, los *primers* que son los marcadores genéticos específicos para identificar el ADN humano, contiene un segmento para masculino o Y, y un segmento para determinar el grado de degradación de la muestra. Se llena la *hoja de trabajo de amplificación* y se utiliza la termocicladora para PCR de la marca *Applied Biosystems (TermoFisher proflex)*, (ver figura 5) este equipo va realizar la reacción en cadena polimerasa y amplificará solamente los segmentos de humano corto, largos y del cromosoma Y, amplificando el ADN humano de un segmento no todo el ADN por que de una muestra puede salir mucho ADN, pero que no es humano, el ADN puede ser de una bacteria. Este equipo también va marcar cuando existan mezclas de ADN humano, por ejemplo, una mezcla de un masculino con poca presencia de ADN y mucho ADN de una mujer, únicamente distingue si hay una muestra entre hombre y mujer. Rangel²⁰⁴ señala que la amplificación del ADN con PCR múltiple se hace de manera simultanea en un solo procedimiento o ensayo, los cuales varios STRs se van a marcar con una fluorescencia específica, para ello como ya se mencionó se utilizan kits comerciales los cuales ha sido validadas por la comunidad

²⁰⁴ VILLALOBOS Rangel, Héctor. *Op.cit.*, pp. 28-38.

forense²⁰⁵. El equipo PCR lo que hace es subir y bajar la temperatura de manera controlada, esta acción se conoce como rampajes, en primer lugar, calienta la muestra para que se separe el ADN, tiene un sistema que pasa la conducción eléctrica hacia un lado y hace que se vaya calentando invirtiendo la polaridad. Después baja la temperatura para que se una el ADN con los *primers* previamente colocados y de esta manera replica los segmentos de interés, este ciclo lo repite de tal manera que replica series de ADN de interés lo suficientes para realizar un perfil genético. Entonces los rampajes son los que coordinan el ciclo de separar, cortar y elongar o romper, pegar y copiar. Una vez que se obtienen las muestras de la PCR se pasa a la siguiente fase que es la electroforesis capilar.

Figura 5. Imagen de una termocicladora para PCR.



Figura 5. Imagen de una termocicladora para la Reacción en Cadena Polimerasa (PCR) por sus siglas en inglés de la marca *Applied Biosystem ProFlex*. Amplifica los segmentos de ADN. Imagen recuperada de:

<https://www.fishersci.es/shop/products/applied-biosystems-profex-96-well-pcr-system-range-10-80-l/15137105>

²⁰⁵ El hecho de que se utilicen kits comerciales indica que la comunidad científica como actor y la comunidad empresarial también como actor, hacen vínculos para el funcionamiento de los laboratorios forenses, de alguna manera contrarresta algunos problemas en cuanto a validaciones de kits que pudiera generar controversias en su utilización, o que al no estar estandarizados tenga más elementos para ser inciertos.

4.3.6. Electroforesis capilar

Teniendo las muestras de la PCR, José refiere que se llena otra tabla para meter estas muestras a la electroforesis capilar donde se realiza una lectura final de los resultados. En este momento ya se sabe si el indicio tiene su ADN completo o no, si la referencia tiene su ADN completo o no, y si va servir para confrontarlos y establecer una conclusión, o no es posible realizar una confronta. Esta tabla sigue llevando los mismos datos de referencia, el nombre de la corrida es el número de la carpeta de investigación. También se registran los reactivos que se utilizaron y el orden que se ingresaron para realizar la lectura de la electroforesis capilar.

Se prepara en una charola con las muestras, cada charola tiene 96 pozos²⁰⁶, en ella se colocan las escaleras alélicas, los controles positivos y negativos y las muestras. Se identifican en el equipo y se colocan en coordenadas X para las letras (a, b, c, d, f, g, h) y Y para los números (1,4,3,4,5,6,7) entonces se colocan las muestras identificándolas por coordenadas, por ejemplo, una muestra podría quedar en la posición (a-4) de esta manera queda identificada y se registra en la *hoja de trabajo de la electroforesis capilar*.

Se pone en la charola las muestras identificadas en el equipo de electroforesis capilar *Biorobot Applied Biosystem Hitachi 3500*, (ver figura 6) el equipo realiza una serie de cargas eléctricas que hacen viajar al ADN de un pozo a otro pozo, estas fosas tiene un sistema de capilares²⁰⁷ para que la electroforesis haga esos traslados se requiere que en una parte del sistema un cátodo que tiene una carga negativa para atraer a todos los positivos, del otro lado se llama ánodo por que tiene una carga positiva y atrae a todos lo negativos, después se realiza la migración capilar de los segmentos que se han inyectado y el equipo comienza a hacer una detección. Una vez que termina de hacer la lectura y detección en estos traslados va mandar señales hacia el software de la computadora, este software se

²⁰⁶ Se les llama pozos a los espacios en cada charola donde se colocan los *ependorf* o tubos de microcentrífuga con las muestras para análisis.

²⁰⁷ Se llama capilar porque los tubos por los que pasan son más pequeños que un cabello.

llama *GeneMapper* y realiza las traducciones de esas señales partiendo de los 24 marcadores genéticos. De esta manera el software convierte las señales en una gráfica que será interpretada por el experto.

Por ejemplo, en el primer marcador genético que se observa en la barra superior en color verde (ver figura 11) inicia con una D se trata de DNA, después tiene el número 8 que representa el número de cromosoma, la letra S nos indica que se trata de un segmento específico de ese cromosoma, y el número 1179 nos indica el lugar específico del segmento en ese cromosoma, en conjunto nos indica que se trata del segmento D8S1179. En este segmento marca una señal con el número 10 que se encuentra debajo de la imagen, este número quiere decir que en esta sección del cromosoma tiene una característica de 10 replicas de nucleótidos, y un número 12 que, en iguales características, pero con 12 nucleótidos, ya sea el 10 o el 12 son aportados por los cromosomas del padre o de la madre. Entonces la combinación de estos números en los diferentes marcadores genéticos es lo que hace un perfil genético, existen 24 marcadores genéticos y con esa combinación se realiza un perfil genético.

Figura 6. Imagen de un biorobot de electroforesis capilar.



Figura 6. Imagen de un Biorobot para la electroforesis capilar de la marca Applied Biosystem Hitachi 3500. Este equipo que realiza la lectura y detecta las señales de los marcadores genéticos del ADN de las muestras enviadas a estudio. Imagen recuperada de:
<https://www.thermofisher.com/mx/es/home/life-science/sequencing/sanger-sequencing/sanger-sequencing-technology-accessories/applied-biosystems-sanger-sequencing-3500-series-genetic-analyzers.html>

A continuación, se presenta unos diagramas que ejemplifican cómo se realiza la reacción en cadena polimerasa y después cómo se obtienen resultados por medio de la electroforesis capilar.

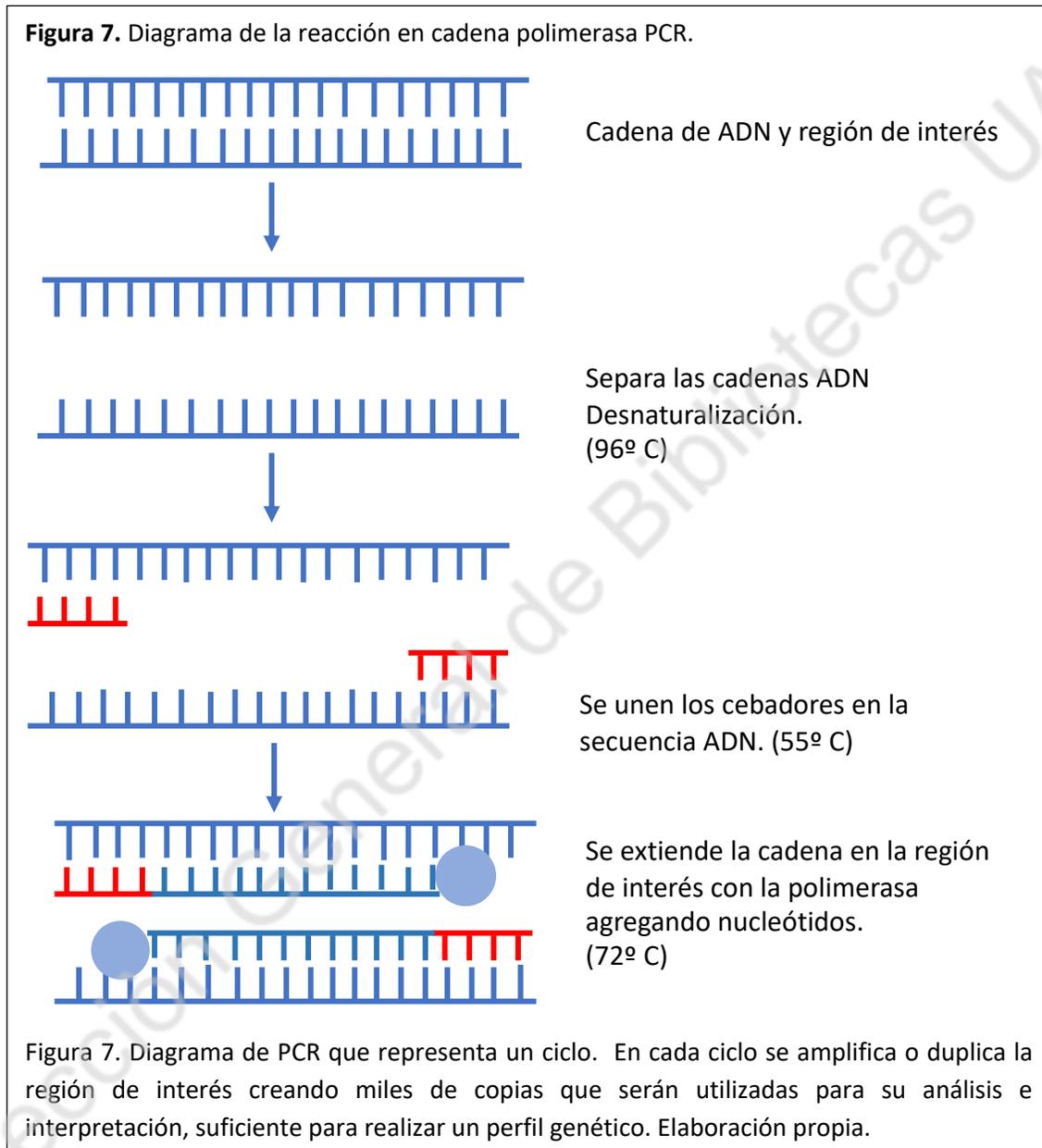


Figura 8. Diagrama que representa la ampliación con la PCR.

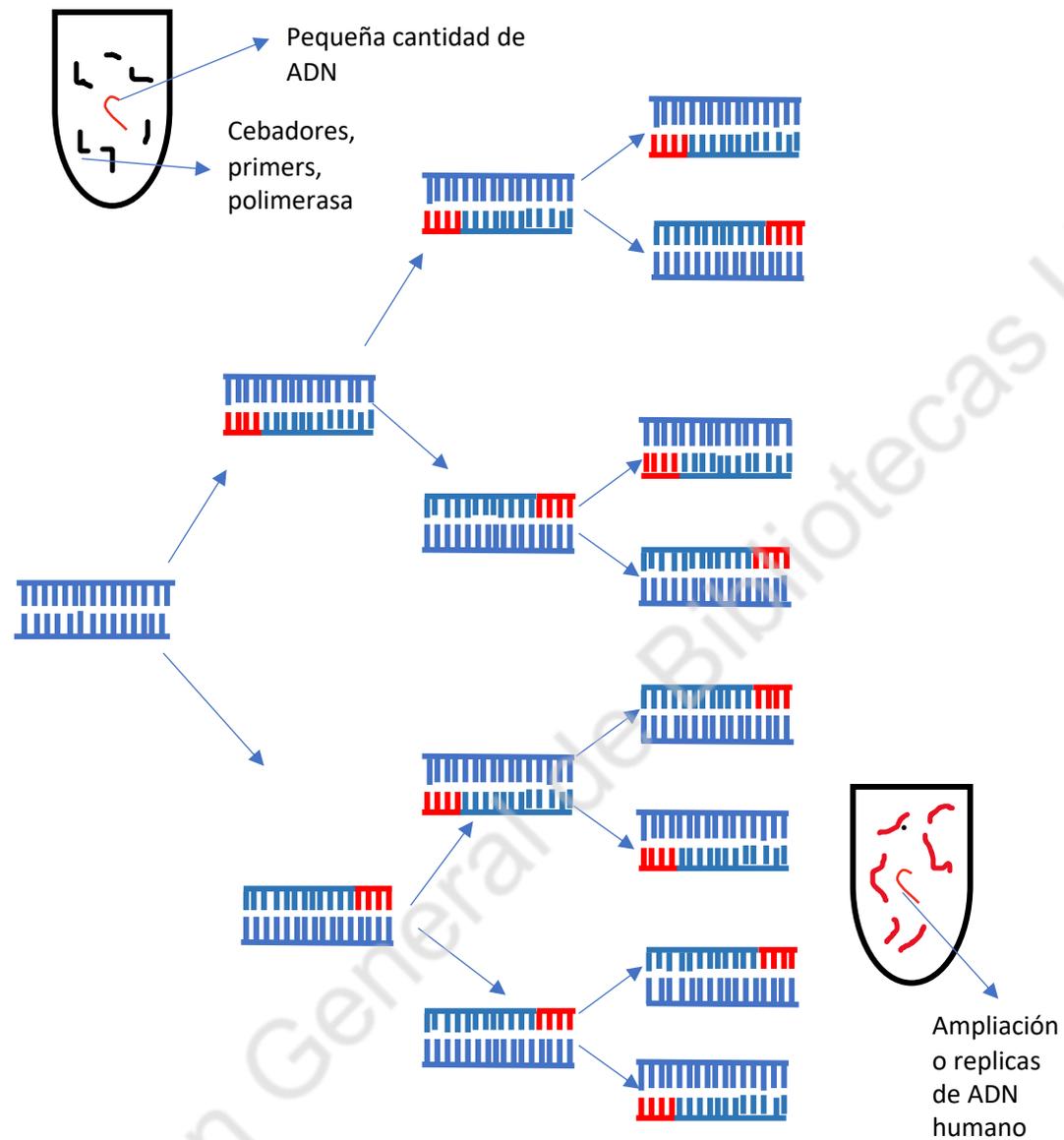


Figura 8. En la parte superior representa un tubo de microcentrifuga con poca cantidad de ADN. En la parte central, de izquierda a derecha son los ciclos de la PCR y su replicación de ADN, de una pequeña cantidad a miles de replicas. En el extremo inferior derecho representa un tubo de microcentrifuga con las replicas de ADN. Elaboración propia.

Figura 9. Diagrama de la electroforesis capilar.

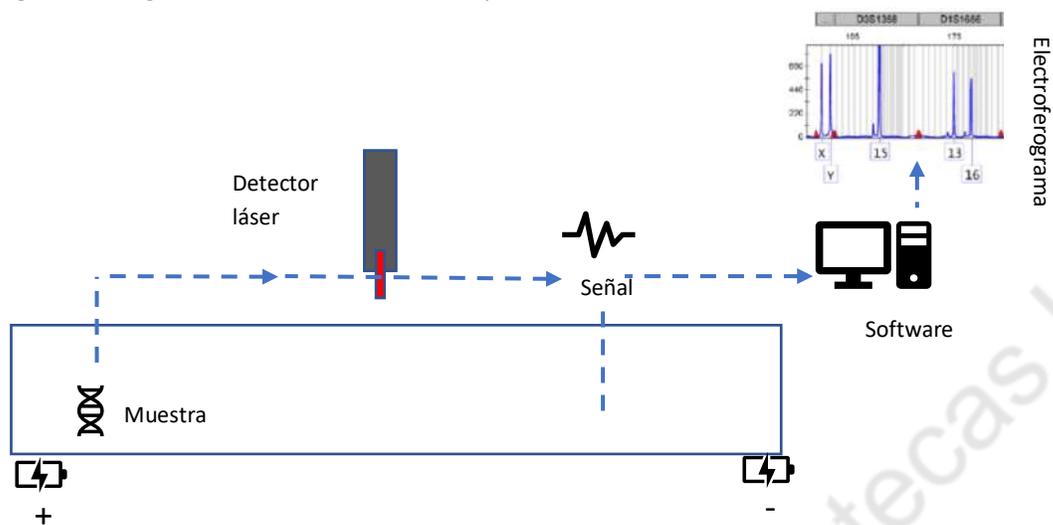


Figura 9. Diagrama de la electroforesis capilar. Se colocan las muestras en el biorobot y son trasladadas en los capilares para separar sus moléculas por medio de la tensión eléctrica, el detector lee la señal y estas señales son enviadas a la computadora donde el software las traduce en un electroferograma. Elaboración propia.

Figura 10. Diagrama que representa una ampliación del flujo en el capilar.

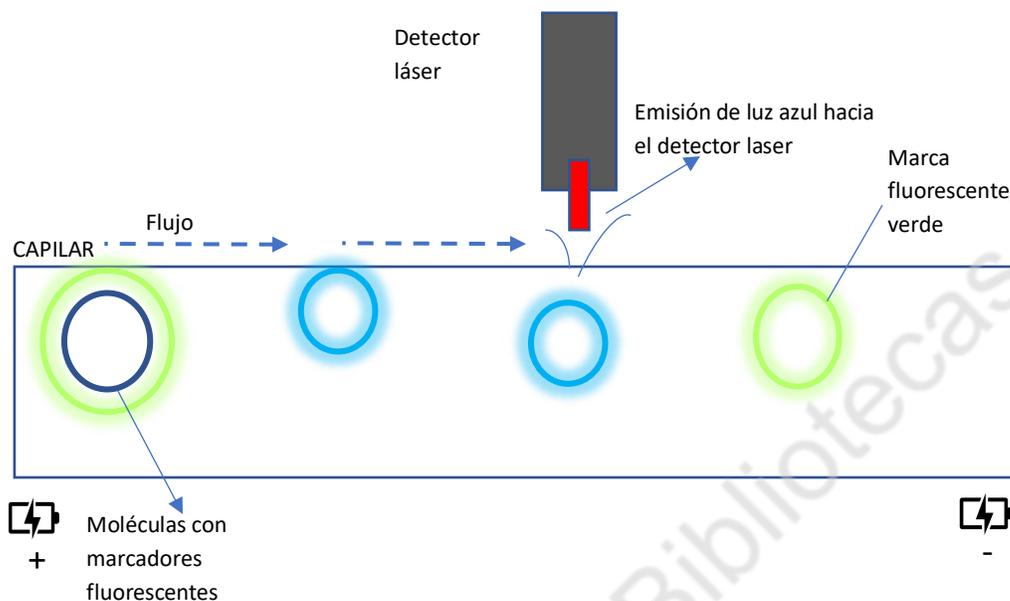


Figura 10. Diagrama que representa una ampliación del flujo en el capilar, se llama capilar porque el tubo por donde corre es del tamaño de un cabello. Las moléculas dentro del capilar una vez separadas de acuerdo a su relación carga y masa van marcadas con una sustancia fluorescente, esa sustancia se excita con el láser emitiendo una luz, dependiendo la cantidad de luz detectada identificará la cantidad de sustancia que esta pasando por el detector láser dando información de los segmentos de ADN y posteriormente son traducidos en el electroferograma. Elaboración propia.

Figura 11. Imagen de un Electroferograma.

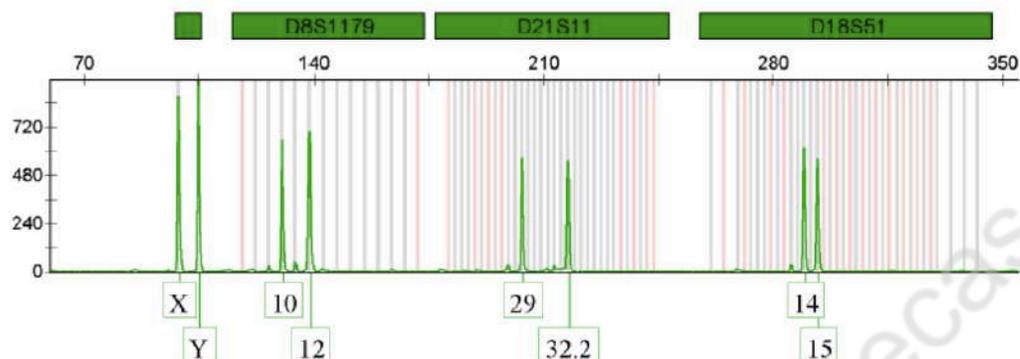


Figura 11. Imagen de un Electroferograma. Es la representación gráfica de los resultados que después serán interpretados por el experto para determinar un perfil genético. Imagen obtenida de: PRIETO, L, et. al. “Valoración e interpretación de perfiles genéticos problemáticos”. (Documento web), 2014. <https://lourditas.ga/docs/papers/forensics-spanish/Prieto-2014-valoracion-perfiles-problematicos.pdf>. 15 de enero 2020.

4.3.7. Vaciado de resultados

José refiere que una vez terminada la electroforesis capilar y que se obtiene las señales representadas en los gráficos de la electroforesis, continua con una *hoja de trabajo para vaciar los resultados*, esta hoja de trabajo sigue conservando los datos de identidad (perito, referencia, fechas, etc.) se colocan las muestras que se visualizaron en el equipo y se revisa que los controles positivos y negativos tengan las señales esperadas para poder seguir con el procedimiento. En estos datos estadísticos se utilizan las frecuencias del tope máximo, para darle ventaja a la hipótesis de la defensa, cabe precisar que no es la hipótesis particular del caso, es la hipótesis de que el perfil genético del acusado no coincide con la muestra a confrontar en este sentido lo que se calculan son las frecuencias de correspondencia. De manera automática la tabla arroja los valores para que uno de los alelos aplique la formula, se multiplican y se pone al resultado dividiendo entre

uno, por ejemplo, el perfil genético de una muestra de referencia tiene 12 trillones de veces a favor de la muestra encontrada en un determinado lugar.

4.3.8. Estudio estadístico

En este momento con los resultados estadísticos se hace un cálculo LR (Likelihood ratio) o razón de verosimilitud para corroborar qué tan fuerte es la hipótesis. La hipótesis, por ejemplo, respecto a los familiares la fiscalía dice: *sí existe una relación de parentesco entre ellos dos, sí es posible que él sea el padre biológico de este hijo siempre y cuando ella sea la mamá*. Ya después se corrobora con más familiares o con evidencia circunstancial como: edad, tiempos, estado, lugar dónde se encontró, características de prendas, pertenencias y tatuajes. El cálculo de la paternidad va en ese sentido, no es exactamente como la otra hipótesis, en el caso de los familiares es establecer si una o más personas tienen una relación de parentesco en específica, siempre y cuando exista una condición de que los dos sean lo portadores.

4.3.9. Dictaminación

En este momento se plasman los resultados en un formato que conteste la petición al inicio solicitada, desarrollando cada uno de los pasos de forma breve y concisa hasta llegar a emitir la conclusión. Evidentemente el dictamen debe contar con los datos administrativos, los indicios deben estar bien descritos, la cadena de custodia debe estar referida. Algo importante es que en el dictamen no se anexan las hojas de trabajo que se usaron en el laboratorio y que permitieron el desarrollo de los resultados, las hojas de trabajo quedan en el expediente del caso para futuras revisiones, auditorías tanto internas como externas y de sustento documentado en el procesamiento de las muestras.

La estructura del dictamen en términos muy generales cumple con los requisitos administrativos, describe el material de estudio, por ejemplo: muestra número: 20-345.1, que consiste en hisopo. El método que el experto utiliza para la obtención del perfil genético que es el análisis STRs, mediante la reacción

polimerasa (PCR) por medio de la electroforesis capilar. Enseguida se describe las técnicas utilizadas y se pasa a la comparativa de los datos que proporcionó el electroferograma, los cuales permiten identificar los diferentes perfiles y con estos datos hacer las respectivas confrontas. Al final bajo esta comparativa se presenta la conclusión, véase el siguiente ejemplo:

Con base en los datos de la frecuencia alélica de la población caucásica establecida por el GMI, los datos genéticos nucleares obtenidos, son de al menos 1 billón de veces más probable de ser observados bajo el escenario de que sean originados por el hijo biológico del padre Ezequiel Mora Chávez, y hermano biológico de los hermanos (Omar mora Venancio y Hugo Mora Venancio), de la persona desaparecida Alexander Mora Venancio; en comparación con cualquier otro individuo no relacionado²⁰⁸.

La conclusión manifiesta un rango muy alto de verosimilitud sin establecer ninguna certeza y lo plantea en un escenario donde esa alta probabilidad se adjudica al perfil genético de una persona desaparecida, en este caso, es la conclusión que el laboratorio de genética forense de Innsbruck estableció en el caso de Ayotzinapa, México.

4.3.10. Flujo de las muestras en el laboratorio de genética forense

A continuación, se presenta cuatro diagramas que exponen los procedimientos por los que pasa cualquier muestra que va ser sometida a estudio en el laboratorio de genética forense. El primer diagrama (ver figura 12) expone los procedimientos generales ya descritos, es decir, (Pre análisis, extracción, cuantificación, amplificación, electroforesis, estadística y emisión del dictamen). El segundo diagrama (ver figura 13) expone estos procedimientos, pero ahora con la presencia

²⁰⁸ GERICHTSÄRZTE AM INSTITUT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN DER MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄT INNSBRUCK, "Opinión experta de análisis de ADN". (Documento web), 2014, revisado el 13 marzo de 2019, disponible en: https://static.telesur.tv.net/filesOnRFS/news/2014/12/07/documento_con_el_analisis_de_adn-1_de_alexander_mora1.pdf.

del equipo tecnológico y sofisticado para hacer los estudios, en esta parte se mencionan datos importantes que se toman en cuenta de estos equipos, como son, calibraciones, verificaciones, mantenimiento, uso, limpieza, entre otros. El tercer diagrama (ver figura 14) muestra la presencia de los actores en dichos procedimientos, dejando ver en primer lugar su capacitación y después su participación. Por último, el cuarto diagrama (ver figura 15) expone la documentación que se genera en el trayecto de las muestras por cada procedimiento y acción documentada.

El primer diagrama (ver figura 12) muestra los procedimientos generales por los que pasa cualquier muestra que ingresa al laboratorio de genética forense. Las muestras X, Y y Z identificadas iconográficamente con un triángulo, círculo y cuadrado pueden ser cualquier tipo de muestra ya sea sangre, semen, fluidos, pelos, saliva, etc., que venga en cualquier soporte pueden ser un hisopo, un fragmento de tela, sangre recolectada en tubos, recortes de material u objetos con evidencia biológica. Estas muestras provienen de una víctima, un imputado o sospechoso, de uno o varios lugares y de uno o varios objetos identificados como indicios. En algunos casos para tener otras muestras de referencia las muestras son obtenidas de algún familiar relacionado principalmente de las víctimas. Cada rectángulo de color es un procedimiento por el que pasa la muestra y dependiendo el tipo de muestra puede tener un manejo diferente principalmente en la etapa de pre análisis, después, los siguientes procedimientos en forma general son los mismos por los que van pasando las muestras hasta llegar a la dictaminación que es el producto final, en este documento conocido como dictamen se plasman los resultados obtenidos del análisis y la información aportada al órgano jurisdiccional.

Figura 12. Diagrama de los procedimientos generales en el laboratorio.



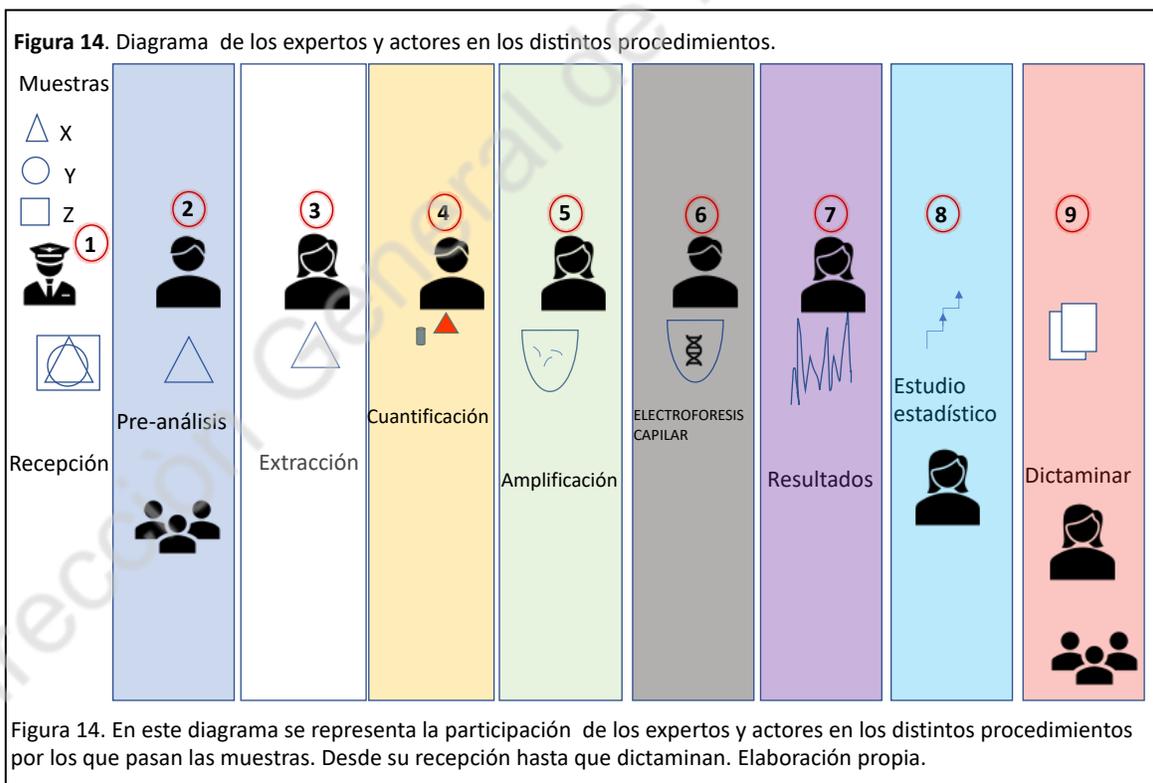
Figura 12. Muestra los procedimientos generales por los que pasan las muestras en el laboratorio de genética forense. Inicia con la recepción de la muestra y termina con un dictamen. Elaboración propia.

El siguiente diagrama identifica los equipos tecnológicos (ver figura 13) utilizados y se representa tomando como base la estructura del diagrama anterior. En la parte inferior se colocan las imágenes de los principales equipos de alta tecnología que son utilizadas para cada fase del procedimiento, por esta razón se describieron en la sección anterior. Cada equipo es manejado por especialistas con una capacitación para su uso, además cada uno del equipo cuentan con sistemas y registros de calibración, validaciones, verificaciones, planes de mantenimiento y sistemas de descontaminación llevadas a cabo por los mismos especialistas. Lo anterior es importante tenerlo en cuenta porque todos estos registros garantizan el buen funcionamiento de los equipos, que no emitirán señales erróneas o desfasadas y que sus resultados se encuentran avalados por estándares internacionales aceptados por una comunidad científica que los respalda, con esto se garantiza y protegen los derechos humanos de las personas porque los resultados de estas muestras que son la obtención de un perfil genético humano están siendo respaldados por procedimientos de conformidad a una norma técnica y bajo la competencia técnica de las personas que hacen funcionar los procedimientos para la obtención de esos resultados.

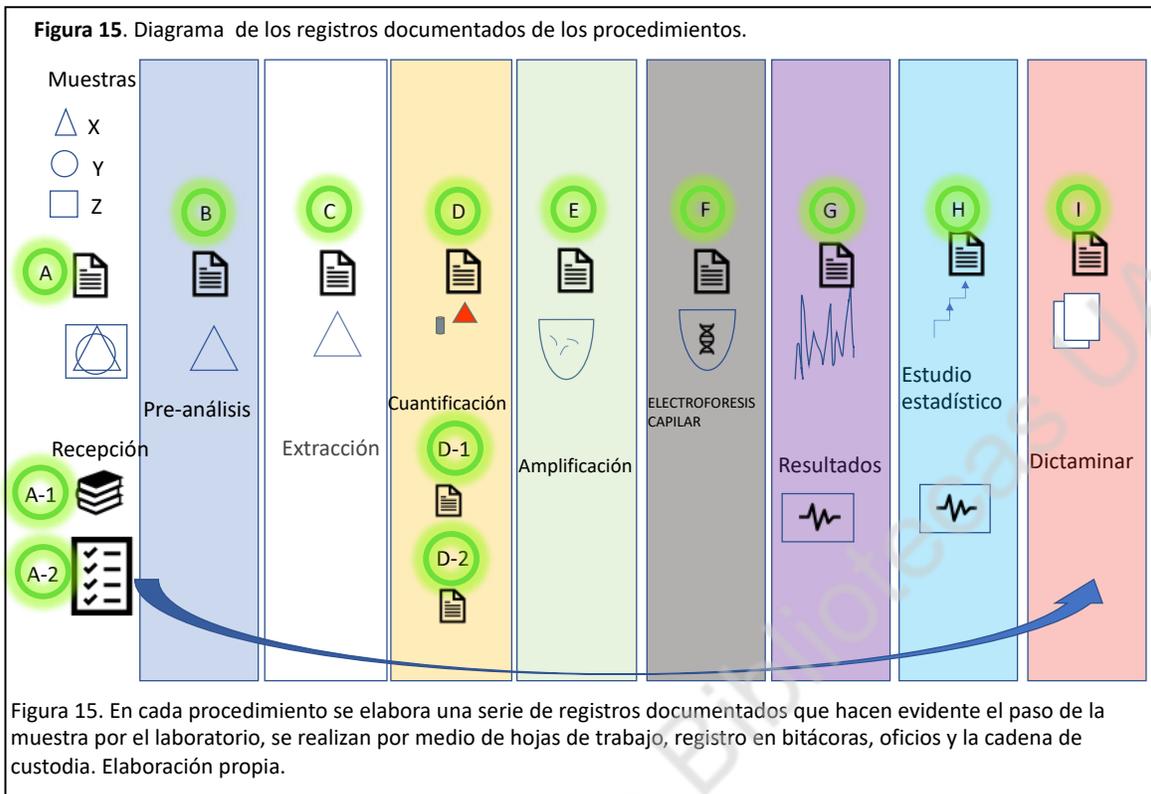


El siguiente diagrama (ver figura 14) explica la participación de los expertos en los procedimientos, ahora se coloca en la parte superior a los actores que participan en realizar todo el proceso del laboratorio y las actividades específicas en cada procedimiento. En primer término, se debe recordar que el sistema de gestión de calidad es una construcción de estos actores para el buen funcionamiento del laboratorio de genética forense, elaborado en conjunto con los especialistas, administrativos y agentes externos o agencias acreditadoras y de capacitación. El primer actor identificado con el número uno es el especialista o la autoridad que entrega la muestras al laboratorio, este actor debe contar con una capacitación en el manejo de muestras biológicas, conocimientos en cadena de custodia para entregar y recibir los indicios los cuales incluyen traslados de muestras, llenado de la cadena de custodia y procedimientos en embalajes de indicios. El siguiente actor identificado con el número dos es un especialista en genética forense que revisa la muestra entregada en correspondencia con la cadena de custodia, la solicitud de la autoridad y que este dentro de los alcances del laboratorio. También, una vez aceptadas las muestras realizan una serie de preparativos para que las muestras pasen a las siguientes fases del procedimiento, es importante recalcar que este

actor tiene una capacitación en el manejo de muestras, pero ya es un especialista en el área de genética forense porque debe manejar microscopios, técnicas de tinción, uso de luces forenses, uso de pruebas presuntivas, reconocimiento de patrones en las muestras e identificación de muestras derivadas. Los siguientes actores identificados del número tres al nueve ya deben contar con una licenciatura que avale en primer término el conocimiento de la genética, pueden ser químicos farmacéutico-biólogo, genetistas o biólogos moleculares, además de tener la capacitación en genética forense y cumplir la competencia técnica para el uso de los instrumentos, equipos e interpretación de resultados, tiene conocimientos en criminalística y pueden aplicar los registros para verificar, validar y seguimiento de los planes de mantenimiento de los equipos. Estos últimos actores también pueden realizar las revisiones por pares de sus compañeros que consisten en revisiones administrativas y revisiones técnicas siendo representados en la parte inferior del diagrama por un grupo de expertos.



El siguiente diagrama (ver figura 15) que corresponde a los registros documentados de los procedimientos se colocan en la parte superior e identificados con letras la serie de registros que conforman el expediente de una muestra que pasa por el laboratorio de genética forense. El inciso A es la hoja de recepción de las muestras en conjunto con la petición de la autoridad para realizar el estudio y análisis de genética forense, el inciso A-1 es el libro de gobierno donde se registran todas las muestras y se les asigna un número interno, único e irrepetible para identificar la muestra, el inciso A-2 es la cadena de custodia que debe acompañar a las muestras que son ingresadas al laboratorio, la cadena de custodia sigue a la muestra durante todo los procedimientos y se entrega hasta la disposición final de la autoridad, por esta razón se marca con una flecha azul hasta el final con el dictamen. El inciso B es la hoja de inventario de análisis preliminar para recibir y preparar las muestras. El inciso C es la hoja de trabajo del proceso de extracción, identifica la muestra, el equipo utilizado y el experto que realizó la extracción. El inciso D, es la hoja de trabajo de cuantificación de ADN y sus características. El inciso D-1 es la hoja de resultados de cuantificación para conocer la cantidad de ADN humano que se obtuvo; el inciso D-2 es la hoja de trabajo de normalización y amplificación del material extraído, en esta hoja se describen los preparativos para que continúe a la siguiente fase de amplificación y obtener los mejores resultados. El inciso E es la hoja de trabajo de amplificación para la utilización de la PCR. El inciso F es la hoja de trabajo de la electroforesis capilar. El inciso G es la hoja de trabajo para vaciar los resultados, en esta hoja se encuentran los resultados de la electroforesis capilar en un electroferograma. El inciso H es la hoja donde se valoran los datos estadísticos con los resultados del electroferograma. El inciso I es el dictamen donde los expertos exponen sus conclusiones, las sustentan con la metodología y manifiestan sus rangos de probabilidad o verosimilitud entre los perfiles genéticos obtenidos de las muestras.



El último diagrama (ver figura 16) presenta un cuadro con todos los elementos anteriormente descritos y representados. El uso de los equipos sofisticados, la participación de los expertos y la documentación que los expertos llenan para el andamiaje del expediente del caso. Lo importante es que ahora todo lo que realizan los expertos se registra en hojas de trabajo que documentan cada una de las actividades que realizan al interior del laboratorio, el uso del equipo y los procedimientos en cada actividad, estos elementos son los rasgos que hacen relevante la estandarización del laboratorio por medio de la acreditación, la cual a su vez le da fuerza al laboratorio para ofrecer resultados de calidad. Los equipos sofisticados hacen que los análisis de las muestras biológicas enviadas al laboratorio se conviertan en resultados avalados por el sistema de gestión de calidad, con estos resultados que se convertirán en pruebas judiciales auxilian en la determinación de la autoridad para pronunciarse respecto a los hechos delictivos que están en litigio. Sin embargo, a pesar del nivel de estandarización para ofrecer resultados de calidad siguen surgiendo escenarios de incertidumbre que se pueden encontrar revisando los diagramas antes desarrollados, pero bajo el ojo crítico y

haciendo uso de la misma metodología que le da sustento al sistema de gestión de calidad, de manera exploratoria se podría revisar en cada procedimiento los elementos que nos permitan abrir la caja negra en los procedimientos de las pruebas de genética forense.



4.4. Recorrido de muestras de genética forense en un caso de violación

En esta sección se desarrolla los procedimientos antes mencionados, pero ahora en contraste con un caso, cabe aclarar que el caso en su primera descripción se extrajo de una sentencia penal 223/2015²⁰⁹ con ella se hace una representación respecto a cómo se pudieron procesar las muestras, entonces, se entiende que esta

²⁰⁹ Sentencia causa penal 223/2015 Procedimiento abreviado [en línea], (TMX 1297935), Juzgado de Primera instancia en Materia Penal de Sistema Acusatorio y Oral, Distrito Judicial de Saltillo, Coahuila. Disponible en: <http://pje.gov.mx/sentencias/53SP252016.PDF>.

Esta sentencia fue extraída del libro: *Casos prácticos para la enseñanza del derecho penal. Teoría del delito y delitos en particular* de Roberto Fonseca.

es la construcción de un caso para el ejercicio de representar mejor los procedimientos del laboratorio.

4.4.1. Resumen de los hechos

El día 27 de diciembre de 2015 a las 20:20 horas el acusado N, de 25 años de edad se encontraba al exterior de las instalaciones de la secretaria de fiscalización y rendición de cuentas, en ese momento interceptó a la víctima, Guadalupe quien caminaba por la banqueta al exterior de la dicha dependencia.

El acusado se acercó a ella y le dijo *-me das todo lo que traigas y no grites porque traigo un filero-* mientras la amenazaba con un cuchillo de veinte centímetros de longitud que portaba en la mano. La víctima entregó la cantidad de dinero que traía, tras lo cual el acusado la agarró fuertemente del brazo y empezó a jalonearla.

Por medio de la violencia física y moral, el acusado condujo a la víctima hacia el baño de la caseta de dicha secretaría, inmueble que conocía porque trabajaba ahí como guardia de seguridad. Una vez en el baño, por medio de la fuerza le bajó el pantalón y pataleta a la víctima y después el acusado introdujo el pene en la vagina de la víctima, penetrándola durante aproximadamente 5 minutos²¹⁰.

Con estos hechos vamos a referir una serie de acciones de investigación que se realizaron tales como el procesamiento del lugar dónde ocurrieron los hechos, en este lugar en específico al interior de la caseta de vigilancia se recolectó una muestra de mancha blanca del piso que fue enviada por un criminalista de campo que intervino en el lugar. En el área de medicina de la dirección de servicio periciales donde fue certificada la víctima de sus lesiones, también fueron tomadas muestras conocidas como exudados vaginales para obtener muestras de fluidos biológicos específicamente células espermáticas, así mismo, se recolectaron muestras de

²¹⁰ FONSECA, Roberto Carlos. *Casos prácticos para la enseñanza del derecho penal. Teoría del delito y delitos en particular*, México, Tirant lo Blanch, 2019, pp. 275.

referencia de la víctima que consiste en la toma de carrillos bucales²¹¹ que son frotados en la cara interna de las mejillas de la víctima.

Por último, una vez hechas las investigaciones y solicitando a la autoridad competente la posibilidad de tomar muestras de referencia del acusado para poder realizar la confronta con los resultados del perfil genético encontrado en la muestra del lugar y las muestras del exudado vaginal, fueron recabados carrillos bucales del acusado por personal de genética forense.

La entrega de las muestras fue de la siguiente manera: las muestras de referencia de la víctima y las muestras del exudado vaginal fueron enviadas con cadena de custodia por la médico forense en turno. La muestra que se levantó del lugar donde ocurrieron los hechos fue enviada con cadena de custodia por el perito criminalista de campo. Y la muestra de referencia del acusado fue obtenida en las instalaciones de la fiscalía por un genetista forense quien le tomó los carrillos bucales y las remite con cadena de custodia a su laboratorio.

El siguiente recorrido de las muestras debe considerarse de manera a temporal entre ellas mismas, porque fueron remitidos por distintos expertos y en el caso de la muestra del acusado fue recolectada en una fecha posterior a las muestras anteriores. De esta manera el recorrido de las muestras en laboratorio se explica en el mismo sentido, pero atendiendo a esta consideración temporal.

4.4.2. Recepción de las muestras biológicas en el laboratorio, revisión de los indicios y precauciones técnicas

Como ya se describió el primer lugar donde llegan las muestras es en la recepción para hacer un registro de la solicitud por parte de la autoridad y que esta cumpla con la correspondencia entre la solicitud, los embalajes de los indicios y la cadena de custodia. Se identifica en la hoja de recepción las muestras y los antecedentes

²¹¹ Hisopos esterilizados.

de las mismas, en el caso de las muestras de referencia se determina que vienen de un lugar controlado; pero la muestra obtenida del lugar donde ocurrieron los hechos es un lugar de investigación.

Enseguida se documenta la hoja de recepción, en ese momento se hace una revisión de las muestras enviadas a estudio, de manera material o físicamente las muestras de referencia tanto de la víctima como del acusado son dos hisopos por cada uno que corresponden a los carrillos bucales. Del exudado vaginal tomado a la víctima también se entregan dos hisopos y, la muestra localizada en el lugar de investigación corresponde a un fragmento de tela utilizada para levantar este tipo de muestras biológicas.

En este caso, al llegar las muestras embaladas en sobres que contiene los hisopos con los carrillos bucales y otros con el exudado vaginal, el experto que revisa dichas muestras observa únicamente hisopos pues no sabe de dónde provienen o cual es la fuente, entonces, teniendo esta información general el experto sabrá que técnica aplicar para cada muestra, ya que en apariencia se observan ambos hisopos iguales, pero un exudado vaginal (con posible muestra espermática) se trabaja diferente de unos carrillos bucales (muestra de referencia). No se trabajan igual una muestra epitelial que una espermática, o una muestra ósea que un tejido muscular. Ya identificadas las muestras y que el experto considera que están dentro de sus alcances pasa a la siguiente sección.

Una vez que se revisan los indicios y se corrobora que técnica y científicamente se pueden cumplir los alcances del laboratorio, la intervención del laboratorio hacia las muestras enviadas para analizar se da de alta en el sistema interno y los indicios son identificados de manera inequívoca, única e irreplicable en el sistema interno y en el libro de gobierno. Cada indicio es identificado con un número, para las muestras de referencia de la víctima se le asigna el número 20-357. Recordando que los primeros dos dígitos hacen alusión al año y los tres números restantes al consecutivo en el libro de registro, esto es, que se ha registrado antes 356 indicios. Para la muestra del exudado vaginal se le asigna el número 20-358, al indicio recolectado en el lugar que se le asigna el número 20-359 y por último la muestra

de referencia del acusado se le asigna el número 20-410 debido a que ingresaron posteriormente al laboratorio.

4.4.3. Pre-análisis, estudio, revisión y preparación de las muestras

En esta etapa, por las características de las muestras es donde presenta mayor atención para el desarrollo de los demás procedimientos del laboratorio y obtener un perfil genético. Las muestras identificadas como indicios son revisadas para conocer su origen y saber si es necesario hacer derivaciones, en algunas muestras como se explicará más adelante se utilizan pruebas presuntivas²¹² para preparar la muestra y tener registros de la información que arrojan estas pruebas presuntivas, se puede hacer una revisión con luces forenses y se puede utilizar tinciones para identificar las células.

Entonces, en primer término, se hace una clasificación de los indicios entregados en dos grupos: las muestras de referencia y las muestras de indicios. Para este caso son dos muestras de referencia, una de la víctima y la otra del acusado, y una muestra de un indicio levantado del lugar de investigación donde ocurrieron los hechos. También se identifica el tipo de muestras, pueden ser sangre, saliva, semen, orina, epiteliales y óseas. En este caso las muestras de referencia de la víctima, del acusado y del exudado vaginal son epiteliales²¹³. La muestra levantada del lugar podría ser espermática, lo mismo que en la muestra del exudado vaginal al haber una mezcla entre células epiteliales de la víctima se pueden encontrar células espermáticas del sujeto activo.

²¹² Las pruebas presuntivas son pruebas rápidas que se aplican a los indicios para que orienten acerca de la muestra, conocer si la muestra se trata de posible sangre, semen, saliva, drogas entre otro tipo de información. Las pruebas presuntivas orientan porque después se realizan la confirmación en el análisis que se haga de dichos indicios.

²¹³ Las células epiteliales se encargan de: "(...) proteger el medio interno del organismo y regular el intercambio de materiales entre este y el externo. (...) El tejido epitelial protector se encuentra en la superficie del cuerpo y en las aberturas de las cavidades corporales, cubriendo las superficies expuestas como la piel y actuando también como barrera para mantener el agua dentro del cuerpo y los invasores, como las bacterias. Es un tipo de tejido estratificado, es decir, está compuesto por muchas capas de células superpuestas, siendo ejemplo de este tipo de epitelios, la epidermis, el recubrimiento de la boca, la faringe, esófago, uretra y vagina". PÉREZ Vergara, D. "Las células epiteliales: evidencia importante en casos forenses", en *Gaceta Internacional de ciencias forenses*, España, núm. 24, Julio-septiembre, 2017, pp. 21

Un vez clasificadas las muestras y con los embalajes abiertos se realizan las derivaciones que correspondan ya que en las muestras de referencia de la víctima, del acusado y del exudado vaginal vienen dos hisopos por referencia, entonces al ser dos elementos se hace una derivación del número, para ejemplificar con la muestra de referencia de la víctima identificada con el número 20-357 pero como son dos hisopos uno va identificarse con el número 20-357.1 y el otro hisopo con el 20-357.2, de esta manera ya se tienen bien identificados y registrados en las hojas de trabajo, lo mismo ocurre con los demás indicios.

Si para algún indicio fuera necesario localizar zonas de análisis, suponiendo que en este caso también se analizara la pataleta de la víctima podría revisarse con las luces forense las cuales generan luz en diferentes longitudes de ondas que permiten detectar por medio de la reflexión de la luz en contraste con la mayoría de los indicios biológicos, de esta manera se localizarían las zonas donde podría haber células biológicas.

La clasificación de las muestras y la información obtenida por los expertos para trabajar dichas muestras les permite a los expertos hacer algunos preparativos, en este caso, como se trata de un delito de carácter sexual y hay muestras de posibles células espermáticas se realiza una prueba presuntiva conocida como antígeno prostático²¹⁴ para establecer si hay presencia de células espermáticas, si el resultado es positivo entonces existe la posibilidad de encontrar este tipo de células y por lo tanto un perfil masculino, en caso de que sea negativo el resultado de esta prueba preliminar es muy probable que no tenga células espermáticas, a pesar de ello se realiza el procedimiento completo para la búsqueda de perfil genético, ya que estas pruebas son orientativas no determinan una toma de decisión

²¹⁴ El antígeno prostático es una prueba presuntiva u orientativa que se obtiene tomando un pedazo de la muestra enviada a estudio, este pedazo de hisopo se mete en un buffer para que se empiece a formar una solución donde se disuelven todas las enzimas que trae el hisopo, después se coloca en un test muy similar al de las pruebas de embarazo y empieza a correr, van a aparecer 2 líneas, una de ellas es el positivo para el antígeno, si aparece una sola línea de control es que la prueba funcionó pero no hay antígeno prostático, si aparecen las dos líneas es que la prueba funcionó y hay presencia del antígeno prostático, si no aparece ninguna línea es que la prueba orientativa no funcionó. Explicación de José, perito entrevistado.

en el procedimiento de la solicitud, si al final del procedimiento no se encontraron células espermáticas con esta prueba se podría tener elementos para conocer la causa de su ausencia desde el inicio. Para el presente caso, se aplicaron dos pruebas de antígeno prostático una para los indicios levantado del lugar de investigación y la otra para el exudado vaginal, en ambas pruebas dio positivo, hasta el momento hay la posibilidad de encontrar células espermáticas en ambas muestras.

De igual manera, se pueden realizar tinciones²¹⁵ para marcar las membranas celulares de las muestras a estudio, las tinciones utilizan un tinte específico para cada membrana celular ya que tienen características propias y la aplicación de ciertos colores permite distinguir entre un cuerpo y otro a la vista del microscopio, estos tintes son adherentes a las membranas celulares y es posible que el experto pueda distinguir entre la membrana celular y la membrana nuclear, por lo tanto, tendrán información que oriente aun más si se trata de células epiteliales y espermáticas. Con estas preparaciones y estudios pre analíticos a las muestras de estudio los siguientes procedimientos van realizarse de manera protocolaria, estandarizada y metodológicamente validadas.

4.4.4. La extracción de los cromosomas en las muestras enviadas a estudio

Como ya se mencionó en el procedimiento de la extracción se divide en dos etapas la digestión y propiamente la extracción de los cromosomas. Cuando el experto documenta en la hoja de trabajo hace un listado de las muestras que ingresarán a este procedimiento. Entonces se tiene las siguientes muestras ya en tubos de microcentrífuga, dos muestras de referencia de la víctima con los números 20-357.1 y 20-357.2, dos muestras de referencia del acusado con los números 20-410.1 y 20-410.2, dos muestras del exudado vaginal con los números 20-358.1 y 20-358.2 y una muestra del lugar de investigación con el número 20-359. En este procedimiento de extracción se entrega el ADN en tubos de microcentrífuga con un

²¹⁵ La tinción es una técnica que se utiliza para mejorar el contraste en la imagen vista al microscopio. Las tinturas son sustancias que resaltan las estructuras de los tejidos biológicos que van a ser observados en el microscopio. Explicación de José, perito entrevistado.

liquido translucido parecido al agua, se etiqueta para identificarlo y se pasa al siguiente procedimiento.

Es importante señalar que en este y en los demás procedimientos que impliquen un equipo o *biorobot* se utilizan los controles positivos y negativos, porque garantizan el buen funcionamiento del equipo y detectan una posible contaminación cruzada. Estas garantías respaldan el trabajo técnico y científico de la tecnología para la utilización de los perfiles por las partes procesales en la corroboración o exclusión de los hechos, de esta manera se esta garantizando los derechos tanto de la víctima como del acusado. Hasta este procedimiento es donde mayor atención y procesos preparativos se realizan en las muestras, como ya se mencionó los siguientes procedimientos son protocolarios, corroborativos y de forma consecutiva.

4.4.5. Cuantificación, tipo de muestras y degradación de la muestra real

Las muestras ya mencionadas con sus números asignados pasan al siguiente procedimiento que es la cuantificación del ADN tomando una pequeña parte del liquido que se obtuvo de la extracción para saber cuánto ADN contiene la muestra y el tipo de ADN. A estas muestras se les colocan los reactivos suficientes, los controles positivos y negativos. En este momento las muestras ya habrán sido detectados si presentan ADN humano, si tienen ADN masculino, el grado de degradación de la muestra, si el ADN se encuentra integro. Se llena la hoja de resultado de cuantificación para realizar las diluciones necesarias si lo requieren algunas muestras y dejar balanceadas las muestras. En este momento las muestras están preparada para el siguiente procedimiento.

En este caso, las muestras de referencia de la víctima (20-357.1 y 20-357.2) y las muestras de referencia del acusado (20-410.1 y 20-410.2) en esta etapa de cuantificación ambas presentan rangos suficientes de ADN humano y en las muestras del acusado marca ADN masculino, la degradación es muy baja porque fueron tomadas en condiciones controladas. Las muestras del exudado vaginal (20-358.1 y 20-358.2) presenta una mezcla de dos perfiles genéticos diferentes y uno de esos perfiles corresponde a un masculino. La muestra del lugar de investigación

(20-359) presenta un perfil humano masculino con una cierta degradación por las condiciones que de donde fue levantado.

4.4.6. Amplificación, replicar las cadenas de ADN con la PCR

Las muestras ya cuantificadas ahora deben ser amplificadas por medio de la PCR (Reacción en Cadena Polimerasa). A cada muestra se le agregan los reactivos de reacción, los *primers* que son los marcadores genéticos y comienza el ciclo de los rampajes en el biorobot separando, cortando y elongando o romper. En esta fase se obtiene replicas del ADN de las muestras de referencia de la víctima (20-357.1 y 20-357.2) y las muestras de referencia del acusado (20-410.1 y 20-410.2), las muestras del exudado vaginal (20-358.1 y 20-358.2) y la muestra del lugar de investigación (20-359), a pesar de que esta última presentaba degradación fue posible obtener suficiente material genético para el análisis siguiente.

4.4.7. Electroforesis capilar, lectura de los resultados para la interpretación genética

Teniendo las muestras de la PCR ahora son ingresadas en la electroforesis capilar para poder realizar una lectura de los resultados. Se colocan en la charola con las muestras ya identificadas en la coordenada específica del equipo. Al termino de la electroforesis se hace la lectura por medio de las señales emitidas y que el software ha traducido para representarlo en gráficas cada una de las muestras ingresadas.

Teniendo las muestras de la PCR, son ingresadas al procedimiento de la electroforesis capilar para que emita la lectura de los resultados finales. Con la preparación anterior de las muestras en esta etapa ya se sabe que en todas las muestras tiene ADN humano, en tres de ellas presenta un ADN masculino, en la muestra de referencia del acusado, en el exudado vaginal que tiene una mezcla y en la muestra levantad del lugar de investigación; todas estas muestras pasan a esta fase porque se sabe que tiene la cantidad suficiente para ser amplificadas.

Las muestras se colocan en las charolas con sus controles positivos y negativos. El equipo de electroforesis capilar hace la lectura y detección de las señales que envía hacia el software de la computadora, este software realiza las traducciones de las señales y convierte las señales en una gráfica que se conoce como electroferograma, entonces, en el presente caso ya se tienen 4 electroferogramas que corresponden a cada una de las muestras procesadas.

4.4.8. Vaciado de resultados, la traducción gráfica y estudios de confronta

Con las señales obtenidas de cada muestra representada en los gráficos de la electroforesis capilar, los datos estadísticos que se obtienen se utilizan las frecuencias del tope máximo, para darle ventaja a la hipótesis de la defensa. Estos resultados para las referencias nos dan un perfil genético de la víctima y del acusado.

En este momento ya se pueden hacer las confrontas entre los resultados de las muestras, por ejemplo: los resultados del exudado vaginal que tenían una mezcla se hacen una confronta entre el perfil masculino obtenido de la mezcla con el perfil de referencia del acusado; de la misma muestra del exudado se confronta entre las células epiteliales con el perfil de referencia de la víctima. Del resultado de la muestra obtenida en el lugar de investigación se confronta con los resultados del perfil de referencia del acusado.

4.4.9. Estudio estadístico, las probabilidades al servicio de la justicia

Los resultados obtenidos se traducen en resultados estadísticos haciendo los cálculos necesarios vistos en las diferentes hipótesis, por ejemplo, el perfil genético del exudado vaginal proviene de la ofendida, la hipótesis de la defensa sería que el perfil genético del exudado vaginal proviene de cualquier otra persona al azar de la población calculando ambos resultados en frecuencias, de manera automática la tabla arroja los valores para que uno de los alelos aplique la fórmula, se multiplican y se pone al resultado dividiendo entre uno, por ejemplo el perfil genético de una

muestra de referencia tiene 12 trillones de veces a favor de la muestra encontrada en un determinado lugar.

El perfil genético del exudado vaginal tiene 12 trillones de veces a favor de que este exudado fue tomado de la víctima. Y eso ¿para qué lo hacen? la primera razón es para establecer una correlación, ya se tiene el perfil de la víctima, el perfil del indicio, y el perfil del acusado, en este caso la fiscalía dice que se tomó una muestra del exudado vaginal de la víctima y ahora se necesita saber si hay un perfil genético y que corresponda al acusado, entonces los resultados indicarían que con una alta probabilidad estadística el exudado vaginal fue tomado de la víctima. Otro resultado va en caminado a establecer que el perfil genético masculino encontrado en el exudado vaginal de la víctima estadísticamente es altamente probable que pertenezca al acusado en relación a cualquier otra persona de la población. El último resultado es la relación de probabilidad que hay entre el perfil genético del acusado con el perfil genético de la muestra obtenida del lugar de investigación y la alta probabilidad estadística de que pertenezca al acusado y no a cualquier otra persona de la población.

4.4.10. Dictaminación, colocar la información en un documento oficial técnico y científico

Los resultados antes mencionados se plasman en un dictamen para cada una de las peticiones que fueron solicitadas con las muestras enviadas a estudio y pueden ser varios, por ejemplo, puede haber informes que van desde el haber tomado las muestras tanto a la víctima como al acusado, hasta dictámenes que hacen y describen la correlación de los perfiles de referencia con las muestras, e incluso un dictamen específico respecto a la mezcla que hubo en los perfiles del exudado vaginal ya que esta muestra es única entre el perfil de referencia de la víctima y el perfil genético del acusado.

Es importante aclarar que estos resultados identifican sus alcances, por lo tanto, estos alcances no especifican o determinan si hubo una violación, solamente estudia las muestras, le da un soporte técnico y científico y lo consolida con un estudio estadístico suficiente para determinar las posibles correlaciones. Algunas de estas consideraciones e interpretaciones que pueden ir más allá de los alcances de la tecnología serán revisados en el siguiente capítulo.

En la presente descripción de los procedimientos al interior del laboratorio en contraste con un caso de violación, permite narrar estos procedimientos, conocer su aplicación en un caso delictivo y advertir la serie de procedimientos técnicos, científicos y jurídicos necesarios para consolidar los resultados del laboratorio. A continuación, el siguiente capítulo describe la relación que hay entre las pruebas de genética forense y los derechos humanos de las personas involucradas en un evento judicial.

Capítulo V

Derechos humanos y la prueba pericial de genética forense

Los derechos humanos han marcado las relaciones sociales desde su reconocimiento como campo de estudio. Para comenzar su abordaje se tiene en cuenta que los derechos humanos están siempre en constante cambio y su concepción no es unívoca, más bien, la historia de los derechos humanos ha sido difícil a pesar de su concepción general y apropiación de sus conceptos de forma generalizada.

El siguiente capítulo aborda los derechos humanos en relación con la prueba de genética forense. Entendiendo el estudio de los derechos humanos no lineales, ni ascendentes y su universalidad va más allá del eurocentrismo, de tal manera que los derechos humanos se deben garantizar en cualquier proceso judicial. En este apartado para comprender mejor los derechos humanos en el ámbito judicial en primer lugar se realiza una contextualización general de los derechos humanos, después se va definiendo la injerencia de los derechos humanos en el sistema de justicia y su presencia dentro de proceso; y por último, se desglosa la interacción de los derechos humanos vinculados a la prueba de genética forense abordando tres aspectos; el aspecto jurídico-procesal que advierte el acceso a la justicia, el debido proceso y la garantía de presentar los medios probatorios pertinentes por las partes; el aspecto técnico-científico tiene que ver con la concepción de la genética forense como prueba infalible, pero que puede presentar criterios de incertidumbre que ponen en debate a la misma genética forense en su relación judicial así como la protección de los derechos humanos; y el aspecto interpretativo y de valoración de la prueba que identifica algunos criterios a tener presente en el contexto de la prueba de genética forense que pudiera afectar la valoración de sus resultados.

5.1. Contextualizar los derechos humanos en el sistema de justicia

Los derechos humanos para comprenderlos mejor se han hecho abstracciones conceptuales en líneas evolutivas las cuales son: la positivación, la generalización, la internacionalización y la especificación. Antes de continuar con la explicación de cada uno de estas líneas es interesante atender a lo que Osset²¹⁶ aclara respecto al estudio de los derechos humanos, la primera es que la historia de los derechos humanos no es lineal, ni ascendente, a pesar de que la historia presenta los avances que las distintas luchas y movimientos han logrado en el reconocimiento y protección de los derechos humanos. La segunda aclaración es que no hay una historia de los derechos humanos, ya que regularmente la historia que se conoce es criticada por su etnocentrismo en la experiencia europea, cuando existen otras perspectivas, estos derechos humanos que se anuncian como universales no cuentan con un fundamento natural vienen de un proceso histórico²¹⁷ que el ser humano ha ido significando durante el tiempo y le ha significado históricamente para comprenderlos.

Según Peces- Barba²¹⁸ la positivación es la toma de conciencia ante la necesidad de dotar de ideas a los derechos mediante un estatuto jurídico que permita su aplicación real hacia las personas. La generalización²¹⁹ es un ajuste entre las afirmaciones que los derechos son naturales y que corresponden a todos los seres humanos, y las prácticas restrictivas que limitaban su disfrute, por ejemplo, a un género o una clase social, la generalidad de los receptores titulares de los derechos no concernía con la realidad, ni con el carácter abstracto de los contenidos de ciertos derechos.

²¹⁶ OSSET, M. *Más allá de los derechos humanos*. Barcelona, Actual Eterno, 2001, p. 15.

²¹⁷ CALVEIRO, Pilar. *Los derechos humanos como defensa de la dignidad*. México, Letras Magistrales, 2015, pp. 6-8.

²¹⁸ PECES-BARBA, Gregorio. *Curso de derechos fundamentales*, Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, Boletín Oficial del Estado, 1999, p. 158.

²¹⁹ *Ibidem*. P. 162.

La internacionalización comienza después de la Segunda Guerra Mundial. Se pueden identificar tres razones principales de las que sugiere su concepción internacional: un mundo globalizado, la cooperación internacional por las guerras y la promoción de la paz y el peligro del poder público para la dignidad humana, con ello nacen instancias internacionales para salvaguardar los derechos humanos²²⁰. Y, por último, la especificación son momentos graduales hacia la determinación de sujetos titulares de los derechos, como pueden ser por su condición social y cultural de personas vulnerables, quienes necesitan protección distinta para superar la discriminación²²¹.

Los derechos humanos en el sistema de justicia penal a partir de la reforma del 2008 en México y hasta su actual operación se han caracterizado como uno de los cambios más significativos de la reforma; tienen sus antecedentes en los ordenamientos internacionales que se vieron reflejados en la reforma. Algunos de los derechos humanos que regulan al sistema de justicia en general y las pruebas periciales presentadas en particular son el derecho a la presunción de inocencia, el derecho a la igualdad ante la ley y los tribunales, el derecho a que no se admitan pruebas ilícitas y el derecho a presentar pruebas y examinar a testigos²²².

Es importante esbozar la relación que existe entre los derechos humanos y el sistema de justicia penal para entender cómo se integra la prueba pericial de genética forense dentro del sistema de justicia y su impacto en los derechos humanos, entendiendo este impacto en dos vertientes, la protección de los derechos humanos o la vulneración de ellos. Para ello, a continuación, se recuerda cuál es el objetivo de la prueba pericial en el proceso judicial y después se proponen tres aspectos para el análisis de los derechos humanos y la relación con la prueba de genética forense.

²²⁰ NIKKEN, P. *La protección internacional de los derechos humanos. Su desarrollo progresivo*. Madrid, Civitas, 1987.p. 37.

²²¹ PECES-BARBA. *Op.cit.*, p. 180.

²²² INSTITUTO MEXICANO DE DERECHOS HUMANOS Y DEMOCRACIA, A.C. MÉXICO. “Derechos Humanos en el Sistema Penal Acusatorio”. (Documento web) 2012, recuperado el 12 junio 2017, disponible en: <https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/pagina/documentos/2016-11/ReformaPenal2014.pdf>

El objetivo de una prueba en el proceso judicial es aportar información para que la autoridad competente pueda tomar una decisión respecto a ciertos hechos que pretenden ser probados por las partes (acusación y defensa). La autoridad judicial debe pronunciar su decisión por medio de una sentencia condenatoria en donde encuentra culpable a una persona o una sentencia absolutoria en donde no fue posible demostrar la culpabilidad de una persona. La autoridad que toma esta decisión judicial se basa en los sustentos que las pruebas le aportan para dar por probados ciertos hechos, estas pruebas pueden ser documentales, testimoniales y periciales. Estas últimas, por sus características en el ambiente judicial deben brindar confianza al órgano jurisdiccional para que tome en cuenta sus resultados dentro del proceso penal. En el caso de la prueba de genética forense aporta al juzgador información pericial con bases científicas que le permite principalmente identificar a personas vivas o muertas, vincular a personas que pueden ser posibles víctimas o imputados en un hecho, vincular estas personas con espacios, lugares, momentos y acciones mediante evidencia biológica científicamente analizada.

Estas actividades se desarrollan en diferentes momentos judiciales que se combinan con momentos técnicos y científicos de la actividad pericial en la genética forense y están en constante interacción con los derechos humanos de las personas.

5.2. Derechos humanos, debido proceso y la presentación de pruebas

Los derechos humanos dentro del proceso penal en relación a la prueba pericial en ocasiones son interpretados de manera muy ambigua o desde la generalidad, esto provoca falta de claridad respecto a qué derechos humanos son los que se encuentran estrechamente relacionados con el tema de la prueba pericial y en particular con la prueba de genética forense. Para ello habría que explicar primero los derechos humanos dentro del proceso penal y después desarrollarlos propiamente en la prueba de genética forense. Se pueden entender los derechos humanos en el sistema de justicia penal en dos vertientes principales, el debido

proceso y la presentación de la prueba; ambos están estrechamente relacionados, es decir, para garantizar el debido proceso se necesitan pruebas convincentes y las pruebas que se presentan están en el margen del debido proceso. Tanto el debido proceso como la presentación de las pruebas garantizan que los Estados aseguren la efectividad del proceso y que el juicio se sustente con pruebas sostenibles y sólidas.

El acceso a la justicia y los juicios justos habría que considerarlos en el campo de acción del debido proceso. El debido proceso podría comprender varios derechos humanos que se encuentran protegidos, sin embargo, se va entender de manera unívoca como aquel derecho humano hacia las personas que se encuentran en un proceso penal, a pesar de que son diversos los actos en el proceso, se entiende como un derecho humano a gozar de las condiciones suficientes para que las personas por medio de este proceso gocen de las garantías jurídicas en un verdadero acceso a la justicia; en palabras de Roberto Bravo y otros "(...) el derecho al debido proceso legal, lejos de ser concebido como un conjunto de formalidades procesales, es considerado como el conjunto de garantías jurídicas procesales y argumentativas que constituyen auténticos derechos subjetivos"²²³

En la Declaración Universal de los Derechos Humanos instruye que todos los seres humanos sean considerados en condiciones de igualdad, a ser escuchado de manera pública y justa por un tribunal independiente e imparcial con la finalidad de resolver los derechos y obligaciones de las personas involucradas en una acusación, de esta manera permite que el debido proceso se convierta en un derecho humano²²⁴. La Convención Americana sobre Derechos Humanos establece que "1. Toda persona tiene derecho a ser oída, con las debidas garantías y dentro de un plazo razonable, por un juez o tribunal competente, independiente e imparcial, establecido con anterioridad por la ley, en la sustanciación de cualquier acusación penal formulada contra ella, o para la determinación de sus derechos y obligaciones

²²³ BRAVO Figueroa, Roberto, *et al. Estudio y aplicación de la prueba desde un enfoque de derechos humanos*, México, SCJN, 2014. Pp. 17.

²²⁴ DECLARACIÓN UNIVERSAL DE LOS DERECHOS HUMANOS, 1948, (Documento web), recuperado el 08 de enero 2018, disponible en: <https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/>

de orden civil, laboral, fiscal o de cualquier otro carácter”²²⁵. De igual forma toda persona que sea inculpada de algún delito tiene derecho a que se presuma su inocencia mientras no se establezca su culpabilidad, a contar con una defensa adecuada y que pueda interrogar a la contraparte. El debido proceso asegura que las personas disfruten de las garantías procesales durante un juicio, estableciendo las condiciones jurídicas para que lleguen a un verdadero acceso a la justicia.

Respecto a la presentación de las pruebas como un derecho humano, asegura que se puedan integrar los medios probatorios que se reunirán dentro del debido proceso para argumentar acerca de los hechos que se debaten. Al igual que el debido proceso la presentación de estos medios probatorios va más allá de ser un elemento dentro del proceso, primero debe advertirse como la garantía de presentar estos medios de prueba para sustentar las inferencias que se argumenten, tener la posibilidad de debatir acerca de ellas y generar convicción en la autoridad correspondiente. La presentación de las pruebas cumple el requerimiento legal y en conjunto podría vencer la presunción de inocencia o reforzarlo. La presentación de la prueba permite que las enunciaciones de los hechos por las partes cobren relevancia y sean corroborados con los elementos disponibles en la búsqueda del esclarecimiento de los hechos, no se queda hasta allí, también aporta datos para que se determinen y protejan los derechos fundamentales de las personas en el litigio.

La presentación de las pruebas en juicio es la posibilidad de que las partes las ofrezcan, las sustenten y puedan crear convicción de los hechos planteados, es un derecho humano que se sostiene bajo una verdadera impartición de justicia y la posibilidad de acceder a ella mediante estos elementos probatorios durante las causas penales. En el mismo sentido, quienes valoraran estas pruebas deben garantizar que resolverán esta controversia apegándose a los derechos humanos

²²⁵ CONVENCION AMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS SUSCRITA EN LA CONFERENCIA ESPECIALIZADA INTERAMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS, 1969, Artículo 8.

de las partes desde un enfoque que garantiza buen uso, práctica y aplicación de las pruebas.

Ahora bien, una descrito el debido proceso y la presentación de pruebas como lo dos principales derechos humanos en el sistema de justicia penal, para fines ilustrativos e identificativos, así como para una mejor comprensión de la interacción entre la prueba de genética forense y los derechos humanos se presentan los siguientes aspectos que serán desarrollados: el aspecto jurídico-procesal, el aspecto técnico-científico y el aspecto interpretativo y de valoración de la prueba. Cada aspecto muestra una serie de derechos humanos que se ponen en juego, lo interesante es que, desde el abordaje técnico-científico, jurídico y de valoración de la prueba pueden resaltar los derechos humanos en cada aspecto y vertientes ya descritas. Toda esta distinción permite aclarar los momentos en que se entrecruzan y relacionan los derechos humanos con las pruebas de genética forense. Por lo que a continuación se van a desarrollar estos aspectos para comprender mejor estas interacciones.

5.3. La prueba de genética forense en el aspecto jurídico-procesal y su relación con los derechos humanos

Parece evidente que los derechos humanos tienen una relación estrecha con el sistema de justicia, pero, cuáles son estos lazos, Roberto Bravo²²⁶ identifica los siguientes elementos vinculados a los derechos humanos; el acceso a la justicia, el debido proceso y el aseguramiento en presentar los medios probatorios necesarios, con ellos se garantiza la protección por parte del Estado en materia de los derechos humanos. Ahora bien, el derecho a probar cualquier hecho con cualquier medio siempre y cuando sea lícito, es un derecho humano para que el Estado atienda sus obligaciones, atribuyendo un doble carácter que enuncia el autor citado, por un lado la dimensión objetiva es el derecho a la prueba en el debido proceso para que los

²²⁶ BRAVO FIGUEROA, Roberto, et al. ,*Op.cit.*,Pp.11.

juzgadores estimen de manera adecuada el valor de cada prueba en la sentencia; por otro lado, la dimensión subjetiva es el derecho a la prueba para que las partes produzcan la prueba necesaria y acrediten los hechos en atención a su acusación o defensa y que esta sea valorada bajo esquemas de racionalidad y argumentación jurídica²²⁷.

5.3.1. Obtención de las muestras de genética forense. El acto, su análisis y la forma de interpretarlas

Siendo la prueba un derecho humano para las partes tanto en su carácter objetivo y subjetivo, como elementos para probar hechos, la prueba de genética forense es una de las pruebas más enunciadas debido a su grado de fiabilidad para identificar personas y la relación entre grupos familiares o entre objetos identificados como indicios. Por lo tanto, es necesario plantear los dos alcances en la toma de las muestras de ADN que Susana Álvarez²²⁸ identifica como el acto en si mismos de tomar la muestra y la finalidad de tomar dicha muestra y con ello menciona una triple vertiente de afectación a los derechos fundamentales que son: el acto de obtención de la muestra, el análisis de las muestras y la forma en la que pueden utilizarse los resultados.

Si se desglosan estas tres vertientes se nota que en el acto de obtención hay una serie de precauciones para identificar cómo se obtuvieron las muestras, por ejemplo, un indicio que puede ser una muestra de color blanca, seca, sobre algún objeto del cual se extrae esta muestra, necesita un sustento técnico que indique y conteste quién, cómo y de qué manera se levantó esa muestra; necesita un sustento jurídico que garantice tanto la autorización para la toma de esta muestra cómo la coordinación con el debido proceso²²⁹. Ahora, cuando la muestra se extrae

²²⁷ BRAVO FIGUEROA, Roberto, et al. ,*Op.cit.*,Pp.12.

²²⁸ ÁLVAREZ, Susana. *La prueba de ADN en el proceso penal*, Granada, Comares,2008, pp. 94.

²²⁹ La cadena de custodia es el instrumento para garantizar estos aspectos, sin embargo, presenta una serie de interrelaciones jurídico-procesales con técnico-científicas con un carácter doble, por una parte, hace más sustancial este vinculo lo jurídico con lo científico o investigativo, por otra parte, esto último hace que se confundan actuaciones procesales con actuaciones de investigación, dando prioridad a ciertas actuaciones procesales en lugar de las propiamente técnicas.

directamente de una persona, para confrontar con una muestra de referencia, surgen los cuestionamientos derivados hacia quién autoriza tomar la muestra a una persona y si existe un consentimiento informado que autoriza la toma de muestra bajo los preceptos legales y procesales.

Respecto al análisis de las muestras deben garantizar el tratamiento más idóneo, entre otras cosas porque en algunos casos estas muestras son únicas, en otros casos son irrepetibles, por tanto, su análisis debe ser en un laboratorio que cumpla con estándares de calidad que tiene sus procedimientos estandarizados. Lo concerniente a la forma en la que son utilizados los resultados, es en el entendido que estos resultados son bajo un criterio de probabilidad y nunca de certeza, por lo tanto, no se puede confundir una probabilidad estadística muy superior a la de la población con el hecho de que se están analizando muestras de referencia en altos grados de probabilidad y que estos números tan altos de probabilidad no se pueden pasar de forma directa a grados de culpabilidad o grados participación, entre otras inferencias.

5.3.2. Derecho humano a la intimidad genética

La genética forense ha sido utilizada en el campo jurídico para el análisis de muestras que permitan identificar a las personas. Una parte del genotipo humano es utilizado para este análisis identificativo con fines forenses. Esta tecnología forense que inició en los años ochentas ahora también presenta un reto hacia los derechos humanos de las personas. Cabe aclarar que en México no existe un marco jurídico de protección a los datos genéticos. Sin embargo, el derecho humano que protege la información del genotipo es la intimidad del individuo y el artículo 12 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos protege de manera general este derecho a la intimidad por medio de la protección de injerencias arbitrarias a la vida

privada de las personas²³⁰. De igual forma el artículo 17 del Pacto Internacional sobre Derechos Civiles y Políticos²³¹, va en el mismo sentido al artículo anterior, aunque no mencionen la protección del genoma humano como parte de la intimidad de una persona, se entiende que parte de la intimidad de las personas es la información el genoma humano.

La palabra genoma fue descrita en 1920 por Hans Winkler, el término fue cambiando hasta llegar a designar al conjunto de secuencias de ADN de un individuo o de una especie. El genoma humano describe el total de moléculas de ADN que se encuentran en cada célula del cuerpo humano. “Casi todo el genoma se encuentra en el núcleo; sin embargo, la mitocondria contiene también información genética esencial por ejemplo para enzimas de la cadena respiratoria”²³².

Ahora bien, resulta importante mencionar el contenido de los artículos 1, 6 y 7 de la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos porque regula el alcance de la información genética y las precauciones para su protección:

ARTÍCULO 1. El genoma humano es la base de la unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad intrínseca y su diversidad. En sentido simbólico, el genoma humano es el patrimonio de la humanidad.

ARTÍCULO 6. Nadie podrá ser objeto de discriminaciones fundadas en sus características genéticas, cuyo objeto o efecto sería atentar contra sus derechos humanos y libertades fundamentales y el reconocimiento de su dignidad.

²³⁰ Declaración Universal de los Derechos Humanos, artículo 12 que dice: *Nadie será objeto de injerencias arbitrarias en su vida privada, su familia, su domicilio o su correspondencia, ni de ataques a su honra o a su reputación. Toda persona tiene derecho a la protección de la ley contra tales injerencias o ataques.*

²³¹ Pacto Internacional sobre Derechos Civiles y Políticos, 1966, artículo 17.

²³² COPELLI, Silvia. *Genética: desde la herencia a la manipulación de los genes*, Buenos Aires, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2010, pp. 48.

ARTÍCULO 7. Se deberá proteger en las condiciones estipuladas por la ley la confidencialidad de los datos genéticos asociados con una persona identificable, conservados o tratados con fines de investigación o cualquier otra finalidad.²³³

Estos artículos muestran una estructura básica en la protección de la intimidad genética, en primer lugar, se considera el genoma humano de manera simbólica como patrimonio de la humanidad, en segundo lugar, prohíbe la discriminación con fundamentos en las características genéticas y, por último, menciona la necesidad de proteger la confidencialidad de los datos genéticos.

En la Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos²³⁴, especifica en el artículo 1 apartado C sobre la disposición de los datos genéticos a las recomendaciones de la ley excepto cuando se trata de la investigación de delitos quedando sujetos a la legislación compatible con el derecho internacional y los derechos humanos. Esta legislación en su artículo 5 describe las finalidades²³⁵ en el uso de los datos genéticos las cuales son: el diagnóstico sanitario, la investigación médica y científica y la medicina forense en los procedimientos civiles o penales.

Como se anunció al inicio de este apartado si bien la legislación mexicana no cuenta con una regulación del contenido genético, Sesma Brena²³⁶ identifica la protección del derecho a la intimidad genética en la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, ya que puede amparar estos derechos, la autora hace mención que los datos personales son toda información concerniente a una persona física, identificada o identificable que afecten su intimidad y los datos genéticos evidentemente se interpretan como parte de los datos personales.

Los riesgos ante la falta de protección al derecho de la intimidad genética puede ser la discriminación por cuestiones biológicas²³⁷, la discriminación en el ámbito laboral debido a que el ADN ofrece información acerca de factores

²³³ Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos, 1997, artículos 1,6 y7.

²³⁴ Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos, 2003, artículo 1.

²³⁵ *Ibidem*, artículo 5.

²³⁶ BRENA SESMA, Ingrid. "Privacidad y confidencialidad de los datos genéticos", en *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, México, nueva serie, año LI, número 154, enero- abril 2019, pp. 112.

²³⁷ *Ibidem* pp. 122 y 123.

endógenos que puedan determinar el estado de salud actual de una persona, además de posibles enfermedades futuras²³⁸, con ello las instancias laborales podrían hacer una selección de trabajadores tomando en cuenta el riesgo de salud.

Otro tipo de riesgo surge cuando los datos genéticos entendidos como información sensible puedan ser expuestos sin la autorización por parte de la persona. La utilización de los datos genéticos a terceras personas como bien asienta Susana²³⁹ pudiera ser un atentado a la intimidad si se compartiera estos datos a empresas o compañías de seguros, ya que con los posibles antecedentes de salud una empresa de seguros puede tomar decisiones para su gestión del riesgo. Habría que tomar en cuenta que el genoma humano identificado en una persona no solamente aporta información de la persona en concreto también de todos los descendientes y miembros de la familia los cuales pueden alentar que se realicen actos de discriminación y denigración por cuestiones biológicas.

El derecho a la intimidad genética desde el posicionamiento de la intimidad personal Susana Álvarez menciona que la autodeterminación informativa es la facultad de que la persona decida revelar o no aspectos personales contenidos en el perfil de ADN y en que momento decide cuando no hacerlo.

5.3.3. Derechos humanos en la integridad de las personas y la prueba de genética forense

El derecho humano a la integridad personal abarca el aspecto físico, psíquico y moral con la firme intención de proteger el desarrollo pleno de las personas en un ambiente de seguridad digna. Tanto en la Declaración Universal de los Derechos humanos²⁴⁰, como en la Convención Americana de Derechos Humanos²⁴¹, ambas

²³⁸ BENA SESMA, Ingrid., *Op.cit.*, Pp.117 y 118.

²³⁹ ÁLVAREZ, Susana. *Op.cit.*, pp. 116.

²⁴⁰ DECLARACIÓN UNIVERSAL DE LOS DERECHOS HUMANOS, 1948, (Documento web). <https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/>. 08 de enero 2018.

²⁴¹ SAN JOSÉ DE COSTA RICA: Convención Americana sobre Derechos Humanos,

protegen el derecho a que se respeten los aspectos antes señalados, además de prohibir que las personas sean sometidas a tortura, tratos crueles, inhumanos o degradantes, haciendo énfasis en las personas privadas de la libertad. El código Nacional de Procedimientos Penales²⁴² también hace mención respecto a la protección de los derechos tanto de víctimas como de personas imputada a que se les trate con dignidad y queda prohibido los procedimientos que atenten contra la dignidad de las personas.

Bajo este derecho de integridad personal, la prueba de genética forense tiene relación debido a que para obtener una muestras biológica con interés identificativos se le solicita a una persona el aporte de esta evidencia, a pesar de ello, existe una intromisión en los límites de la personalidad humana²⁴³, presentándose en esta situación dos escenarios, el quebrantamiento de la intimidad personal porque se realiza una intervención corporal para obtener la muestra en zonas íntimas del cuerpo, piénsese en la toma de muestras por carrillos bucales, que son hisopos grandes que se introducen en la cavidad oral para hacer un raspado en la cara interna de las mejillas. El segundo escenario corresponde a la intervención de la información obtenida que se produce en la toma de la muestra²⁴⁴. Dos intervenciones que afectan la integridad de las personas pero que están sustentadas en el desarrollo de las investigaciones penales y forenses, a pesar de que se reconoce su intromisión en ambos sentidos, se justifica por la importancia de información que la muestra pueda brindar.

5.3.4. Discusión entre la protección de los derechos humanos de las partes procesales

Los derechos humanos antes señalados y otros derechos humanos que están siempre en constante interacción en un juicio penal por medio de las partes

(Documento web).1969, recuperado el 3 de enero 2019, disponible en:
https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b-32_convencion_americana_sobre_derechos_humanos.htm..

²⁴² CÓDIGO NACIONAL DE PROCEDIMIENTOS PENALES, artículo 109 fracción VI y 113 fracción VI.

²⁴³ ÁLVAREZ, Susana. *Op.cit.*, pp.107.

²⁴⁴ *Ibidem*, pp. 100-104.

involucradas, de manera directa entre un imputado y una víctima u ofendido. En esta interacción algunas veces se tiene la idea que los derechos humanos son absolutos e intocables, la discusión se puede centrar en defender un derecho humano violentado y en las limitaciones de ciertos derechos por el contexto jurídico de la situación. Pero, como señala Susana Álvarez²⁴⁵ los derechos humanos no son ilimitados, pueden ser limitados y restringidos cuando tiene deberes y relaciones jurídicas, es decir, se limitan en el momento que el interés para el desarrollo del litigio se determina en la obtención de alguno de estos derechos, pensando en la intimidad genética por medio de la información que arroje y la integridad personal en el sentido de intervenir para la obtención de las muestras. La investigación exige obtener esa información porque es determinante para identificar o reconstruir parte de los hechos que están en litigio, por lo tanto, mediante actos jurídicamente sustentados y sin trasgredir los derechos humanos pueden solicitarse la intromisión personal para la obtención de estas muestras.

5.4. La prueba de genética forense en su aspecto-técnico científico y los derechos humanos

En este segundo aspecto las pruebas de genética forense a pesar de la fiabilidad de sus resultados debido en parte a los esfuerzos por la estandarización y mejora continua, como cualquier ciencia presentan criterios de incertidumbre en diferentes partes del proceso de análisis dentro del laboratorio, algunas de ellas son: el tipo de ADN no codificante que es analizado y la relación con la protección de información de los sujetos, los efectos estocásticos y la secuenciación de nucleótidos, todos ellos son aspectos técnicos y científicos muy concretos y especializados pero que en perspectiva pudieran afectar los derechos humanos de los involucrados en un proceso penal, dichos aspectos son explicados a continuación.

²⁴⁵ ÁLVAREZ, Susana. *Op.cit.*, p.112.

5.4.1. ADN codificante y no codificante, la protección de la información como un derecho humano

El primer tema a abordar es la cuestión del material que se analiza en los laboratorios de genética forense que es propiamente el Acido Desoxirribonucleico (ADN) que se localiza en el núcleo de las células. El ADN es una parte del genoma humano²⁴⁶. Solamente el 2% del genoma humano corresponde a ADN codificante y el resto es ADN no codificante. El ADN codificante es poco variable o polimórfico entre las personas. Sin embargo, el ADN no codificante, al no estar sujeto a presión selectiva intensa, admite unos niveles de variación muy grandes en comparación con las regiones de ADN codificante.

Dentro de las cuestiones técnicas-científicas que podrían poner en riesgo los derechos humanos de las personas son precisamente el uso del tipo de ADN en las investigaciones criminales, como se mencionó en el párrafo anterior el ADN no codificante es el que tiene características más polimórficas, pero el paso entre el ADN no codificante y al ADN codificante puede poner en riesgo la información sensible que es protegida por los derechos humanos en las investigaciones criminales, además, como las legislaciones citadas advierten, el uso del genoma humano para otros fines que fueran los que inicialmente se propusieron se estaría poniendo en riesgo los derecho humano a la intimidad genética.

Un tema de reflexión tiene que ver con la concepción que se tiene de las muestras, en el sentido de cómo son tratadas, como objetos o son parte del genoma humano de un sujeto y deben tener especial cuidado. La primera situación tiene que ver con la reforma al sistema de justicia penal, el imputado es tratado como un sujeto procesal, no como un objeto. El hecho de que se utiliza una parte del genoma

²⁴⁶ Un genoma es una colección completa de ácido desoxirribonucleico (ADN) de un organismo, o sea un compuesto químico que contiene las instrucciones genéticas necesarias para desarrollar y dirigir las actividades de todo organismo. Las moléculas del ADN están conformadas por dos hélices torcidas y emparejadas. Cada hélice está formada por cuatro unidades químicas, denominadas bases nucleótidas. Las bases son adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C). Las bases en las hélices opuestas se emparejan específicamente; una A siempre se empareja con una T, y una C siempre con una G. (<https://www.genome.gov/11510905/preguntas-maacutes-frecuentes>).

humano no codificante lo hace entonces que no sea parte de información sensible del sujeto humano, sin embargo, si proporciona características suficientes que identifican un ser humano de otro.

Una forma de acercarse a la confiabilidad de las pruebas de genética forense ha sido la acreditación de los laboratorios, a pesar de algunos cuestionamientos que tienen de manera interna hasta ahora es una de las estrategias para garantizar los resultados que ayudaran en el esclarecimiento de los hechos, dando información útil porque garantiza tanto criterios procesales como los criterios técnicos y científicos. Con ello, no debe quedar la margen temas como la imparcialidad de los laboratorios, la inclinación por ciertas agencias que acreditan y que están actuando de manera omnipresente en las instituciones de justicia.

Los últimos dos aspectos tienen que ver con la protección de los derechos humanos de los familiares de los involucrados en un caso penal y, por otro lado, garantizar que a nivel estadístico el imputado tenga la mayor ventaja en el estudio de genética forense. En cuanto ve al primero, los familiares de las personas involucradas en un caso penal solamente se permite comparar la información genética que aportan con el familiar directo o con un cadáver para determinar la relación de parentesco biológico, no se compara con otros indicios, con otras muestras o con otras personas, pues como ya se discutió únicamente está permitido hacer lo que los fines habían planteado. Respecto al segundo aspecto, tiene que ver con la comparativa estadística entre un imputado y las muestras obtenidas que lo pudieran vincular, en ese caso, el perfil genético del imputado se analiza con una población amplia, no únicamente con la población de Querétaro o la población latina, de esta manera al comparar este perfil con una población más amplia se están dando todas las ventajas al imputado y a pesar de ello, si los resultados salen con una tendencia probabilística muy alta es que venció esta ventaja.

Cuando surge una tecnología con aplicaciones como la del ADN no es posible darse cuenta de la serie de derechos a los que se debe regular, pero ocurre que por la rapidez muchas veces no se toma en cuenta la serie de derechos que tienen que ser protegidos y por lo tanto pueden ser vulnerados. México aun no ha

legislado propiamente en cuestión del genoma humano, si bien se puede regular bajo los tratados internacionales que obligan al estado mexicano, no hay un pronunciamiento factual hacia los derechos que se pudieran vulnerar y de manera más particular, los derechos humanos de las personas que se encuentra en un proceso judicial, para obtener, analizar, procesar e interpretar las pruebas de carácter genético.

5.4.2. Perfiles genéticos problemáticos y los efectos estocásticos, desventaja en los derechos humanos del imputado

Los efectos estocásticos²⁴⁷ en los perfiles de genética forense son tomados y desarrollados en este apartado según la investigación de Lourdes Prieto y otros²⁴⁸. Los efectos estocásticos se manifiestan cuando la muestra biológica que se levanta de un lugar de intervención presenta estados de degradación que podrían interpretarse bajo una perspectiva problemática y el laboratorio de genética forense obtiene a veces resultados de difícil interpretación, ya que los perfiles genéticos de la escena proceden de muestras de mala calidad debido a su antigüedad, por la mala preservación o por la escasa cantidad de ADN, aportando únicamente perfiles incompletos con una escasa o nula señal en los marcadores genéticos.

Para entender mejor los efectos estocásticos se debe recordar que un perfil genético de cada marcador muestra 2 números interpretados como alelos, uno es procedente del padre y el otro de la madre. El efecto estocástico se vuelve problemático debido a la analítica que se conjuga entre la calidad de las muestras que se obtiene de un lugar de investigación y el análisis en el laboratorio de genética forense debido al método para la obtención del perfil genético. Si una muestra tiene

²⁴⁷ Pertenciente o relativo al azar. Teoría estadística de los procesos cuya evolución en el tiempo es aleatoria, tal como la secuencia de las tiradas de un dado. Localizado en: <https://dle.rae.es/estoc%2525C3%2525A1stico>

²⁴⁸ PRIETO, L, *et. al.* "Valoración e interpretación de perfiles genéticos problemáticos". (Documento web), 2014, recuperado el 15 de enero 2020, disponible en: <https://lourdidas.ga/docs/papers/forensics-spanish/Prieto-2014-valoracion-perfiles-problematicos.pdf>

X cantidad en el número de copias de un fragmento de ADN que se va analizar, desde el primer procedimiento de análisis que es la extracción no se obtiene la totalidad de esa cantidad de copias del fragmento de ADN solamente se extraen un porcentaje, lo mismo ocurre en los siguientes procedimientos de la analítica del ADN, de esta manera va disminuyendo la cantidad de ese fragmento de ADN, cuando la muestra es suficiente el análisis puede ser exitoso, no así cuando una muestra es insuficiente²⁴⁹.

Tomando el ejemplo que expone Lourdes Prieto de manera resumida en un caso donde se obtiene una muestra de ADN con poca cantidad o degradada, en cierto marcador genético tiene los alelos A y B, cuando se hace el procedimiento de extracción de ADN en el laboratorio forense únicamente se recogieron 7 copias del alelo A y 7 copias del alelo B; estas copias se encuentran en un contenedor (tubo de microcentrifuga ver figura 1), que a la vista es normalmente líquido traslucido aproximadamente 50 micro litros de medio líquido, al momento de pasar al siguiente procedimiento que es la amplificación por medio de la PCR, de la extracción total de la muestra únicamente se utiliza una alícuota²⁵⁰ obtenida por una micro pipeta. Pero, lo que aquí está en juego es la variabilidad en la toma de esa alícuota o muestra representativa, porque la distribución no sería equilibrada debido a la poca cantidad de material para ser analizado, la distribución podría ser algo parecido a lo siguiente: 5 alelos copias del marcador A y 2 alelos copias del marcador B (o viceversa) y 7 copias del alelo A y ninguna del alelo B (o viceversa). Y así, la variabilidad de posibilidades en cada alelo. Entonces, al momento de meter esa muestra de alícuota al proceso de amplificación y después a la electroforesis capilar las señales que se emitirían de cada alelo en la altura del electroferograma son distintas en la gráfica. Si se pudieran hacer varias tomas de los 50 micro litros y meterlas al proceso de electroforesis las señales variarían debido al desequilibrio

²⁴⁹ PRIETO, L, *et. al.* Op.cit.

²⁵⁰ La alícuota es una parte que se toma de un volumen en este caso líquido, cuyas propiedades físicas y químicas, así como su composición, representa la sustancia original. Una alícuota es una parte que mide exactamente a un todo. Parte proporcional, es una muestra que representa las características del resto.

por la cantidad de alelos obtenidos de la muestra degradada, a esto se le conoce como efectos estocásticos²⁵¹.

La variabilidad en la toma de las alícuotas según Prieto²⁵² podrían ser las siguientes 1) ausencia total de alelos A y B, si en la alícuota tomada no se captura ninguna copia de los alelos, esta variabilidad es conocido como “*drop-out de locus*” (perdida del marcador). 2) presencia de un solo alelo, la alícuota extrae suficientes copias de un alelo, pero no del otro, conocido como “*drop-out alélico*” (pérdida alélica). 3) presencia de ambos alelos, pero en cantidades desequilibradas, si en una muestra de alícuota se obtienen más copias de un alelo que de otro, conocido como “desequilibrio de heterocigotos” y 4) presencia de ambos alelos en cantidades equilibrada, si se puede obtener suficientes copias de ambos alelos en la muestra de la alícuota. Incluso existe un fenómeno conocido como “*drop-in alélico*” (ganancia de algún alelo), son alelos espurios presentes en el ambiente de trabajo, que no se detectan antes, pero detectables cuando se analizan muestras de bajo contenido de ADN. En resumen, cuando la muestra es de buena calidad los resultados en el electroferograma son el reflejo de un perfil genético real, pero en muestras críticas se pueden obtener electroferograma que no representan exactamente un perfil genético o perfiles irreales.

Al momento de hacer la evaluación estadística de los perfiles genéticos el experto en genética forense lo que emite es un resultado para que el juzgador tome las decisiones basándose en la información de dichos resultados en comparación con otro tipo de información no genética que brinda datos, pueden ser resultados de otras pruebas, pruebas testimoniales y pruebas documentales. Los resultados que emite los genetistas forenses evalúan los resultados desde dos puntos de vista contrarios y que mutuamente se excluyen tomando en cuenta la perspectiva de la acusación y la perspectiva de la defensa, ambas perspectivas son calculadas y se

²⁵¹ PRIETO, L, *et.al.* “Valoración e interpretación de perfiles genéticos problemáticos”. *Op.cit.* Pp. 3,4.

²⁵² *Ídem.*

establecen cada una en hipótesis mediante un cociente denominado razón de verosimilitud o LR (*Likelihood Ratio*). Que se expresa de la siguiente manera:

H_p (hipótesis de la acusación) = la muestra biológica hallada en el lugar de investigación es del acusado

H_d (hipótesis de la defensa) = la muestra biológica hallada en el lugar de investigación NO es del acusado, sino a otra persona al azar de la población.

Entonces, LR mide la probabilidad o cuantas veces es más probable haber obtenido esos resultados genéticos si suponemos que el acusado dejó la muestra biológica en comparación de que otra persona lo haya dejado en el lugar de investigación. Se hace un cálculo entre las dos hipótesis mencionadas por medio de una ecuación²⁵³ de LR que hace una estimación de la frecuencia con que ese perfil genético podría aparecer en la población, un ejemplo es: 5 en cada 10 millones y haciendo la ecuación se obtienen 2 millones. Estos dos millones nos dicen que hay 2 millones de veces más probabilidad de hallar el perfil genético encontrado en la muestra en el lugar de investigación si se supone que esa muestra la dejó el acusado (H_p) que si suponemos que la dejó cualquier otra persona (H_d), el resultado está 2 millones de veces a favor de la acusación respecto a la defensa²⁵⁴.

Un perfil genético que ha sufrido los efectos estocásticos debe ser valorado e incluido, porque normalmente se valoraban los perfiles genéticos solamente cuando había resultados de inclusión, es decir, había una alta probabilidad de correspondencia entre el perfil del acusado con la muestra, o resultados de exclusión se podía determinar que no existía ninguna posibilidad de coincidencia, dejando de lado marcadores genéticos que provenían de una muestra degradada y que daban señales de un alelo muy bajas. Cuando esto ocurre los adelantos de los modelos matemáticos y *softwares* que realizan métodos estadísticos de LR pueden incluir marcadores genéticos que valoran las posibles situaciones por la ausencia

²⁵³ LR = Probabilidad de la Evidencia (muestra). H_p/Probabilidad de la evidencia (muestra). H_d.

²⁵⁴ PRIETO, L, et. al. "Valoración e interpretación de perfiles genéticos problemáticos", *op. cit.* Pp. 3-13.

de un alelo por ejemplo, pérdida de un marcador, pérdida de un alelo o un desequilibrio del heterocigoto, todas estas variables se traducen en una fórmula y muestra la probabilidad.

Lo anterior para la defensa es trascendente porque pueden explicar la dificultad para adjudicar la muestra al acusado y eliminar este marcador ya sea por la ausencia de un alelo, la ausencia del marcador o un desequilibrio heterocigoto de la estadística de LR que afectaría estadísticamente al acusado, pues si se tomara en cuenta esta situación la probabilidad estaría más a favor de la hipótesis de la defensa. Esta cuestión tan técnica, por las mismas características de interpretación que es una mezcla de disciplinas que se conjugan al final, desde los expertos que procesan los lugares de investigación al obtener una muestra degradada, pasando por su análisis y después la entrega de resultados en la evaluación estadística y aplicación de los modelos matemáticos, al no tomarse en cuenta todas las variables pudiera afectar al acusado en una simple toma de alícuota o en una interpretación estadística. Lo anterior evidentemente pondría en vulneración los derechos humanos principalmente del acusado.

5.4.3. La secuencia de números, ¿puede hacer la diferencia? La secuenciación de nucleótidos y los derechos humanos

La siguiente problemática es planteada por Louis Levine²⁵⁵ en su libro Guía del abogado para el uso de pruebas forenses de ADN, tanto los ejemplos como las preguntas vienen en el libro, la discusión se presenta entre el problema planteado por el autor y las respuestas que José como expertos forenses dio en las entrevistas al plantearles la discusión. Lo que Levine plantea es que la secuenciación de nucleótidos en un orden diferente permite la posibilidad de que dos personas tengan el número 16 para el mismo marcador genético pero la secuenciación sea distinta.

Para ejemplificar lo anterior, supongamos que dos perfiles analizados en el marcador genético D3S1358, aunque el perfil muestre en el electroferograma el

²⁵⁵ LEVINE, Louis. *Guía del abogado para el uso de pruebas forenses de ADN*, México, FCE, 2010, pp. 30-37.

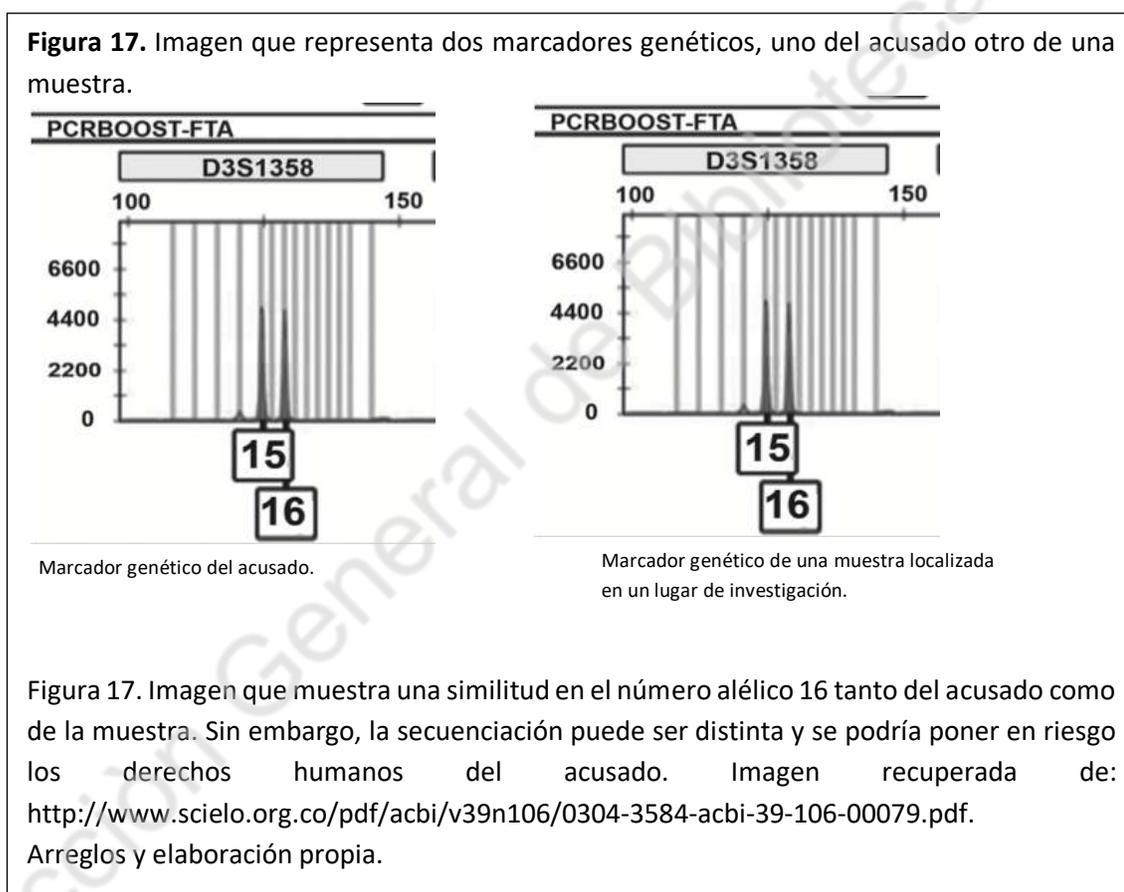
número 16 alelos en el mismo marcador genético, la secuenciación de los nucleótidos puede ser distinta. La persona A tiene una secuencia (TCTA (TCTG)₃ (TCTA)₁₂) sumando la secuencia da un total de 16 secuencias de los alelos. La persona B tiene una secuencia (TCTA (TCTG)₄ (TCTA)₁₁) sumando también 16 secuencias de los alelos, la diferencia estriba en la forma que se presenta la secuenciación para la persona A es la suma de un nucleótido suelto+ 3+12, dando un total de 16; mientras que la secuencia de la persona B es la suma de un nucleótido suelto+4+11, sumando un total de 16, lo anterior presentándose en el mismo marcador.

Entonces, en un caso particular si se obtuvieran dos perfiles genéticos, suponiendo un perfil genético del acusado y un perfil genético de una muestra biológica y se revisaran los marcadores para ver la coincidencia, hay la posibilidad que ambos presenten el número 16 en el mismo marcador genético, lo que el autor problematiza es la forma de secuenciación del número 16 en ambos perfiles.

Suponiendo que estos son los perfiles genéticos del acusado y de una muestra obtenida de un lugar de investigación, al momento de hacer la revisión en el marcador D3S1358 ambos tiene los alelos 15 y 16 con lo cual ya se considera una coincidencia del marcador, sin embargo, el dilema se presenta si se cuestiona la secuenciación de los nucleótidos en el número 16 puede presentar variaciones y por lo tanto, puede poner en duda la correspondencia entre el acusado y la muestra pues la variabilidad es distinta si se hace una secuenciación, por lo tanto, el acusado pudiera quedar excluido como proveedor de la prueba. De esta manera se pone en riesgo al acusado, pues normalmente la identificación del número nos habla de una coincidencia en el marcador, sin prestar atención a la forma en que esta fue secuenciada, estableciendo de facto la relación entre el perfil del acusado y de la muestra dubitada ver (figura 17).

Sin embargo, a pesar de que el argumento es sólido y tiene una razón técnica en la forma que son secuenciados los nucleótidos en el marcador y que efectivamente puede haber variaciones en ellas, lo que José explica ante ello como experto es que en el laboratorio no tienen la tecnología ni se encuentra en su

catálogo de servicios realizar las secuenciaciones de cada marcador genético, por lo tanto, no podrían y no están autorizados para realizarlo. Ahora bien, respecto a la posibilidad de que una secuenciación distinta en el número de nucleótidos pudiera afectar la correspondencia entre ambos perfiles se hace estadísticamente muy baja, porque la correspondencia de perfiles se hace mínimo con 13 marcadores genéticos, no con uno de ellos. Además, estadísticamente es muy poco probable que afectara esta secuenciación de nucleótidos si existiera una correspondencia entre los 13 marcadores restantes que si coinciden.



5.5. La prueba de genética forense en el aspecto interpretativo y de valoración en los derechos humanos

En este aspecto se revisa la prueba de genética forense ahora desde el plano interpretativo o de la valoración de sus resultados en relación con los derechos

humanos que se pudieran ver comprometidos por dichas pruebas. Señalando algunos elementos que se deben tomar en cuenta al momento de valorar la prueba de genética forense como pueden ser los sesgos, algunos criterios en el contexto de la prueba y otros elementos a tomar en cuenta antes de tomar una determinación judicial ya que tiene un impacto en la conformación interpretativa de los hechos y su uso en la corroboración de los mismos.

5.5.1. Los sesgos en la interpretación de los expertos

Los sesgos²⁵⁶ son errores sistemáticos que se incurre cuando se hacen muestreos o ensayos seleccionando o favoreciendo ciertas respuestas frente a otras. Mingxiao Du²⁵⁷ analiza la imparcialidad de los testigos expertos, significa que dichos expertos operan dentro de los principios científicos y procedimientos legales. Al hacerlo, ayudan al juez de los hechos. Hay dos aspectos en la imparcialidad de los testigos expertos: la perspectiva individual y la perspectiva de la industria. Cada testigo experto debe seguir estándares individuales, incluyendo evitar información irrelevante que afecta sus opiniones; aplicando métodos confiables, empleando un análisis proporcionar de los hallazgos en informes completos (incluido un informe descriptivo de los antecedentes personales y actividad de los expertos). También deben seguir los estándares de la industria de la ciencia forense como son las técnicas accesibles, la gestión de laboratorio y la gestión de carrera. Los testigos expertos parcializados, sin embargo, dañarán la imparcialidad e impiden el objetivo de ayudar al juez de los hechos. Basado en teorías psicológicas como la teoría *dual de los procesos, personalidad autoritaria y amenaza intergrupala*, el autor clasifica al experto desde el sesgo del testigo en cuatro categorías: (1) sesgo cognitivo; (2) parcialidad en el proceso analítico; (3) el sesgo resultado de la posición del testigo experto en el juicio; y (4) el sesgo social que surge de presión social o presión económica. Debido a que el sesgo influye en la relevancia, credibilidad e

²⁵⁶ Sesgos: <https://dle.rae.es/sesgo>.

²⁵⁷ DU, Mingxiao, "Legal control of expert witness bias", en *The International Journal of Evidence & Proof*, Vol.21, num. 1-2, 2017, pp. 69-78.

imparcialidad de los expertos, se deben tomar medidas para restringir ciertas categorías de sesgo, que pueden ser y deben ser controladas²⁵⁸.

5.5.2. El sesgo de confirmación en la prueba de genética forense

En el apartado anterior se definió que los sesgos son errores sistemáticos que puede incurrir en una selección favoreciendo unas respuestas frente a otras. Ocurre un efecto que propicia que una persona encuadre e incluso adapte algunas pruebas existentes en correspondencia a ciertos eventos, lo que conduce a que se ignoren otras posibilidades. Peter Gill²⁵⁹ expone un caso para explicar este sesgo y lo hace también desde la prueba de genética forense. El señor Adam Scott es detenido por el delito de violación, en este caso fue recuperada una mezcla de perfiles de ADN de un hisopo vaginal tomado a la víctima de violación, parte de esta mezcla correspondía al señor Adam Scott y los otros perfiles correspondían al novio de la víctima y a la víctima. A pesar de que se encontraron espermatozoides en el hisopo vaginal pudo haber sido por las relaciones consensuadas con el novio de la víctima, en una de esas muestras se encontró que había una coincidencia con el perfil de Scott.

Adam Scott aseguró que, cuando ocurrió el delito se encontraba en otra ciudad a más de 300 kilómetros de distancia del lugar donde ocurrió la violación y que nunca había estado en ese lugar. Sin embargo, los investigadores desestimaron estas pruebas exculpatorias respecto a que se encontraba en otra ciudad y que nunca había visitado Mánchester, en este momento los investigadores formularon una expectativa cada vez más grande sobre la culpabilidad del acusado²⁶⁰. Esto se debe en gran medida por una interpretación errónea del principio de Locard de que en cada contacto se deja un rastro, ahora cada perpetrador deja un rastro, por eso la expectativa se vuelve muy alta. La prueba de genética forense presenta una base

²⁵⁸ DU, Mingxiao. *Op.cit.*, pp. 69-78.

²⁵⁹ GILL, Peter. "Misleading DNA Evidence: Reasons for Miscarriages of Justice", (Documento web) 2015, recuperado el 9 de febrero 2019, disponible en: <https://www.degruyter.com/view/journals/ice/10/1/article-p55.xml>

²⁶⁰ GILL, Peter. *Op. cit.*, pp. 1-20.

científica sólida que incluso en una interpretación errónea puede llevar a la aseveración de que Adam Scott había mantenido relaciones sexuales con la víctima, la mala interpretación de esta prueba desvirtúa la prueba de genética forense ya que un perfil de ADN no puede determinar que se mantuvieron relaciones sexuales entre dos personas.

Gracias a unos registros telefónicos que apoyaron la versión de Scott respecto a que no había visitado la ciudad donde se cometieron los hechos de violación, fue puesto en libertad. Más adelante una investigación reveló que Scott había sido procesado debido a una contaminación que hubo en las muestras y en la cuales lo implicaban en dicho delito. Con este ejemplo Gill pone en descubierto cuando menos dos elementos a considerar respecto a la interpretación de la prueba de genética forense desde la investigación y hasta el momento que es valorada por una autoridad. El primer elemento tiene que ver con el hecho de que la prueba de ADN no puede utilizarse como la única prueba que confirme toda la teoría de un caso, a pesar de que sus resultados sean probabilísticamente muy altos, esto quiere decir que solamente el resultado de una prueba de ADN tiene una validez más amplia en la medida que se correlaciona con otras pruebas o con información que conduzca a confirmar la teoría o hipótesis más adecuada. La prueba de ADN tiene solidez en la medida que otras pruebas la respaldan y viceversa las otras pruebas presentadas se consolidan en la medida que la prueba de ADN las respalda. El segundo elemento tiene que ver con la posibilidad de que las muestras sean contaminadas y alterar los resultados, esta contaminación puede presentarse desde el lugar que se recolecta, las personas que lo recolectan e incluso en el mismo laboratorio.

Entonces, el sesgo de confirmación se presenta porque se anulan las demás posibilidades del caso en particular, se toma como única referencia la fuerza de la prueba de ADN por el número de probabilidad de que la muestra coincida con el perfil genético del acusado, centrándose en esta afirmación porque proviene de un resultado de laboratorio forense, lo que hace que no se tomen en cuenta otras pruebas que pudieran exculpar al acusado. El sesgo de confirmación configura una

expectativa constante sobre la culpabilidad del acusado dejando de lado otras posibilidades, cualquier evidencia que abone a la culpabilidad del acusado se afianza a la confirmación o incluso se ajusta para que se adapte a la culpabilidad dejando de lado otras posibilidades.

5.5.3. Algunos criterios previos a considerar antes de analizar la prueba de genética forense

La propia ciencia de la genética forense ha hecho que se presenten una serie de casos que se pueden identificar como complejos, además de otras actividades de rutina que buscan aminorar ciertas problemáticas identificadas como escenarios de incertidumbre propios de su naturaleza. Los gemelos univitelinos, el efecto quimera y los secretos de familia, son algunos ejemplos que se deberían tomar en cuenta durante el análisis del laboratorio de las muestras de ADN que pudieran dar resultados que pongan en cuestionamiento su interpretación en la investigación.

En el caso de los gemelos univitelinos²⁶¹ se entiende que el ADN tiene una alta capacidad de identificación debido a la diferencia que presentan las células de cada individuo, pero cuando se presente el caso de gemelos univitelinos ellos comparten gran cantidad de la información genética que es extremadamente similar, para ello en primer lugar, se tendría que saber la existencia de que la persona pueda tener un gemelo, en segundo lugar, saber que son univitelinos que viene de la misma bolsa gestacional, o que fueron de diferentes sacos de gestión siendo bivitelinios. En caso de que sean gemelos univitelinos los análisis tendrían que buscar mutaciones muy específicas para poder diferenciarlos. Otra forma ha sido por medio de las huellas dactilares, se ha visto que los gemelos univitelinos presentan diferencia en sus dibujos lofoscópicos.

²⁶¹ Los gemelos univitelinos proceden del mismo cigoto u óvulo fecundado por un solo espermatozoide. El óvulo se fragmenta dando lugar a dos o más embriones que se desarrollan de forma independiente en la misma placenta y que contienen la misma información genética. A diferencia de los gemelos bivitelinios o mellizos provienen de óvulos diferentes fecundados por diferentes espermatozoides que dan lugar a dos o más embriones, teniendo cada uno diferente información genética.

Otra fuente para sospechar del perfil de ADN es conocido como efecto quimera²⁶². En la mitología griega una quimera era la descendiente de *Equidna* y *Tifón*, tenía la frente de un león, el cuerpo de una cabra y la espalda de una serpiente. “Científicamente, el término quimera se utiliza para designar un organismo cuyo cuerpo contiene poblaciones celulares derivadas de individuos de la misma o diferente especie, lo cual puede ocurrir de manera espontánea o bien puede ser producida artificialmente”²⁶³.

Puede ocurrir que una persona haya sido intervenida en un trasplante de médula ósea (parte del organismo donde se producen los componentes de la sangre), por esta razón al contar con un organismo proveniente de una persona diferente, la sangre de quien recibe la donación tendrá el perfil genético del donador, por lo tanto, si existiera en un lugar sangre y se tomará una muestra el perfil genético sería del donador. Para ello, cuando se tiene la sospecha de un efecto quimera y se tiene un control de referencia en un perfil genético se piden cuando menos dos muestras de diferente fuente, puede ser un cabello y saliva para corroborar la similitud.

En el caso de los secretos familiares ocurren cuando el padre o la madre ocultan la información de referencia de los hijos biológicos y que entre familias pueden existir medios hermanos, o que se desconocía en realidad que una persona no era hijo biológico de su padre, resulta una complicación para el análisis de las muestras de ADN. En estos casos se requiere de mucha investigación policial y de los fiscales para lograr obtener la información con los familiares que no confunda la investigación debido a los problemas que podrían causar en la relación familiar.

²⁶² BRUNET Mauri, Salut. *Contribución de los polimorfismos del adn al estudio del implante medular y de las quimeras en el trasplante alogénico de la médula ósea*, (Tesis doctoral), Universitat Autònoma de Barcelona facultat de medicina, Barcelona, 1990. Pp.5,6.

²⁶³ *Ídem*.

5.5.4. Análisis y condiciones de la muestra de genética forense

Los análisis que se hacen entre un cadáver que se desconoce su identidad pero que debido a las investigaciones se localizaron posibles familiares que aportan muestras de referencia para determinar el parentesco, este escenario no presenta problemas en cuestión de obtener las muestras para hacer los perfiles, ya que los familiares aportan la muestra en el laboratorio y la muestra del cadáver se obtiene estando el cadáver en un lugar específico, independientemente del estado de descomposición en que se encuentre es posible obtener perfil genético del cadáver y realizar las confrontas de parentesco. De alguna manera este caso se encuentra en condiciones controladas.

Por otro lado, cuando se hace una confronta entre perfiles obtenidos en un lugar de investigación relacionado a los hechos delictivos obtenidos de diferentes indicios localizados en el lugar, y los perfiles de referencia de una víctima, un sospechoso, un familiar, entre otros, este escenario plantea una situación más compleja debido a las condiciones no controladas o poco ideales que se presentan el lugar de donde se extrae la muestra, puede ser un lugar abierto, expuesto a múltiples condiciones de contaminación, posibles eventos de alteración involuntaria y voluntaria. Todo lo anterior hace un panorama más complicado en contraposición con el escenario antes descrito donde se tiene perfiles de referencia de los familiares y se tiene a la disposición un cadáver etc. En la otra situación se enfrenta a un lugar de investigación altamente contaminante y a pesar de eso, se debe garantizar que fue procesado siguiendo las mejores prácticas para el manejo de las muestras.

Las muestras provenientes de las condiciones antes planteadas al momento de ingresar al laboratorio de genética forense para la obtención de un perfil genético, ya vienen degradadas, las cantidades para la obtención de ADN son muy pocas o tienen un exceso de contaminación, estas características hacen que en el laboratorio se trabajen muestras que aportan menos de 15 marcadores genéticos, los suficientes para realizar una confronta, de tal suerte que se obtienen

generalmente perfiles parciales que pueden ser confrontados con los perfiles de referencia. Esta característica a nivel de valoración de la prueba muestra dos elementos, por un lado, pone en entredicho la confronta de las muestras por la cantidad de marcadores genéticos utilizados, siendo insuficientes para establecer correspondencias. Por otro lado, la contaminación de las muestras es una constante y no puede ser eliminada debido a las condiciones y características que son recurrentes en los lugares de investigación. Entonces, son dos elementos a considerar en los análisis y condiciones de las muestras. Las diferentes posibilidades de contaminación de las muestras y la interpretación en la confronta de estas muestras degradadas, incompletas y parciales en la obtención de los marcadores genéticos, debe tenerse presente estas características en el análisis acerca de las condiciones de la muestra, tanto para su presentación como medio de prueba como para la valoración de esta prueba por parte del juzgador.

5.5.5. La muestra de ADN y el contexto

Ha sido común que la prueba de genética forense en un juicio penal sea valorada de manera contundente, su utilización se ha orientado a la corroboración de los hechos, en algunos casos exclusivamente con sus resultados interpretados y valorados por una autoridad. Si embargo, resulta necesario comprender que la fuerza de cualquier prueba forense reside en la capacidad que tiene para respaldarse con otras pruebas y en contraste al contexto de los hechos a corroborar. Esto no quiere decir que se demerita el estatus técnico científico que tiene la genética forense, pero la presencia de la prueba de genética forense no corrobora los hechos de manera inmediata y apartada del contexto, lo mismo que la ausencia de resultados de genética forense pudiese excluir inmediatamente la no participación de una persona bajo la ausencia de sus resultados.

La fuerza de la prueba de genética forense no reside solamente en la contundencia científica de esta prueba, su fuerza se encuentra en las relaciones y vinculaciones que mantiene con las demás pruebas disponibles en el caso. Se

entiende como un acto recíproco donde la prueba de genética forense es capaz de soportar las inferencias de otras pruebas y a su vez la información que brindan otras pruebas robustece los resultados de la prueba de genética forense. Las inferencias que se hacen de forma inmediata y utilizando los resultados de la prueba científica Marina Gascón²⁶⁴ explica que descarga un especial esfuerzo por fundar racionalmente las inferencias de los hechos, porque hace alusión a la prueba científica sin establecer una cadena sustentada de elementos que refuerce cada evidencia con los lugares, las personas, los eventos y los indicios. Debido a lo anterior Gill²⁶⁵ señala la necesidad de una cadena de asociaciones deductivas en donde cada evidencia se contrasta con los hechos a probar, se vinculan las evidencias con los hechos y se establecen lugares con indicios y personas. Incluso, Jordi Nieva²⁶⁶ plantea que la prueba de ADN a pesar de brindar información objetiva, esta información es subjetivable y la simple enunciación de sus resultados no ayuda a reconstruir por sí sola la corroboración de los hechos, se requiere de un ejercicio recíproco entre las diversas pruebas aportadas, valoradas y analizadas en contraste con las demás pruebas.

²⁶⁴ GASCÓN, Marina. “Validez y valor de las pruebas científicas: la prueba del ADN”. (Documento web). 2007, recuperado el 18 de junio 2019, disponible en: <https://www.uv.es/cefd/15/gascon.pdf>.

²⁶⁵ GILL, Peter. “Misleading DNA Evidence: Reasons for Miscarriages of Justice”, en *International Commentary on Evidence*, volume 10, (1), 2012, pp. 55 y 56.

²⁶⁶ NIEVA, Jordi. *La prueba: mitos y leyendas*, México, MaGister, 2019, pp. 195, 196.

Conclusiones

Esta investigación detalló la estrecha relación que existe entre la ciencia y la tecnología con el sistema de justicia penal, ambas interactúan para dar solución a los conflictos sociales que se presentan debido a la criminalidad por medio de una serie de pruebas para demostrar los hechos. Se relató que la apuesta ha sido en la prueba con sustento científico, siendo la prueba de genética forense una de ellas, ha realizado un esfuerzo para emitir resultados de calidad que protejan los derechos humanos de los sujetos procesales. La tarea no ha sido fácil, a pesar de ese esfuerzo para mitigar por medio de la acreditación de sus laboratorios lo que se identificó como escenarios de incertidumbre en la misma prueba o en su valoración, estos escenarios no se pueden evitar aunque si reducir y es mejor identificarlos, reconocerlos y continuar con su estudio para explicarlos con la finalidad de reducir su rango de error.

Se mostró la importancia de las pruebas periciales en el sistema de justicia penal, sin dejar de describir dos fenómenos en las pruebas de genética forense que han sido recurrentes: sobrevalorar sus resultados y no dejar claros los alcances que cada prueba pericial puede ofrecer a pesar de lo modesto que estos puedan ser. La prueba de genética forense, aunque tiene un respaldo sólido en una ciencia consolidada como es la biología, en especial la biología molecular, además de la estadística poblacional y las matemáticas, sigue presentando escenarios de incertidumbre que deben reconocerse, plantearse y ser discutidos en el ambiente jurídico penal. Esto muestra dos esfuerzos que también son importantes de reconocer, el primero, desde la propia ciencia de la genética forense donde cada vez impulsan en mejorar las prácticas al interior del laboratorio y fuera del laboratorio, se dieron cuenta los genetistas que para garantizar los resultados de las pruebas debían incluir las prácticas o los estudios pre analíticos, lo que obliga a mantener estrecho contacto con quienes procesan los lugares y recogen las muestras. El otro esfuerzo corresponde al compromiso y responsabilidad del órgano jurisdiccional que debe tomar decisiones desde la incertidumbre que se presenta a pesar de las pruebas y en los propios hechos, de tal suerte que tiene el ineludible

deber de hacer un trabajo excepcional para garantizar la protección de los derechos humanos de quienes se encuentran en un proceso judicial a pesar de estos escenarios de incertidumbre que como vimos son imposibilidades para conocer la totalidad de los hechos relacionados a un evento delictivo.

La investigación permitió tener espacios de análisis, como los escenarios de incertidumbre tanto en el derecho como en la ciencias forenses, la conceptualización de los actores que se desarrollan dentro de esos escenarios, el concepto de actor se amplió para fines del desarrollo de la investigación, ahora los actores no son únicamente los expertos forenses y los encargados de los órganos judiciales, también incluyeron las acreditadoras de los laboratorios, agentes técnicos especializados en un equipo, capacitadores externos e incluso actores no humanos como los biorobots que son operados por los expertos pero que realizan actividades mecanizadas de manera eficiente y exacta. Y la acreditación como un esfuerzo de los laboratorios para contrarrestar estos escenarios, donde por supuesto participan los actores recién señalados, estandariza los procedimientos dentro de laboratorio además que promueve la gestión de calidad.

Con estas tres categorías, los escenarios de incertidumbre, los actores y la acreditación, debe tener presente la dificultad latente que existe para distribuir el error epistemológico de atribuir ya sea una condena falsa o una absolución falsa y cómo asegurarse que se ha determinado con la mejor distribución en aras de proteger siempre los derechos humanos de las personas.

Entonces, la descripción y estudio de un tema tan específico como es la acreditación del laboratorio de genética forense como respuesta a los problemas que se manifiestan en los escenarios de incertidumbre ya sea de la misma ciencia forense o en la valoración de estas pruebas, permiten ver espectros más amplios como el sistema de justicia penal y los derechos humanos de las partes procesales. Pareciera que a más profundidad del tema se alejaría de la problemática general, no obstante, entre mayor es la especificidad y detalle en un tema particular más clara se hace la relación con el entendimiento general, en este caso el sistema de justicia y los derechos humanos.

Ahora bien, algunos temas que quedaron pendientes y que son necesarios para las discusiones futuras son la influencia de las agencias acreditadoras en los laboratorios forenses. Una agencia que funciona como un ente que acredita a los laboratorios lo hace de manera imparcial y dando garantías de ello, lo cual esta demostrado con su trayectoria, pero, la presencia casi única de una agencia acreditadora en el país puede extrañar esa manifestación omnipresente, sería importante conocer de que manera garantizan la imparcialidad ante la cobertura casi mayoritaria, de tal suerte que estén protegida la libre voluntad de los laboratorios en la elección de la agencia que los respaldaría y que se evite la dependencia hacia los programas internacionales que ejercen esta consolidación única.

El otro tema pendiente, tiene que ver con el planteamiento anterior, la dependencia en la toma de decisiones respecto a la agencia acreditadora, pero ahora con la aplicación de la norma internacional para lograr la acreditación, el dilema puede andar entre la adopción de prácticas internacionales para el ejercicio de mejoras en los laboratorios y garantizar los derechos humanos de las personas, o en determinado punto de maduración por parte de los laboratorios deberían hacer propuestas de adaptaciones a las exigencias internacionales pero ahora apostando al desarrollo local de los laboratorios, estos ejemplos se vieron en los casos de Australia y Polonia, quienes ya están en una fase de impulso local, apoyados de grupos científicos, comités de estudio y universidades para seguir garantizando la calidad de los resultados en las pruebas forenses.

También no hay que dejar pasar el hecho de las circunstancias locales de México, ante una falta de atención hacia sectores que han padecido los efectos de la criminalidad como pueden ser los familiares de las personas desaparecidas, estos grupos de familiares por medio de sus recursos y capacidades han realizado esfuerzos en las tereas de investigación que no les corresponde pero se han visto obligados, quienes han hecho desde grupos de búsqueda, bases de datos de las prendas de los desaparecidos y por supuesto biobancos genéticos para aportar elementos en la búsqueda de sus familiares, dándole un giro a la perspectiva

forense por quienes tiene un interés inherente y que debería ser digno de documentar, conocer y seguir dicho esfuerzo. En estos casos a pesar de que no existen procesos de acreditación o estandarización, deben ser tomados en cuenta y la participación de grupos de investigación y universidades tiene el deber de acompañar dichos procesos de respuesta ante necesidades latentes en un país como México.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Bibliografía

- ÁLVAREZ, Susana. *La prueba de ADN en el proceso penal*, Granada, Comares, 2008.
- ANDERSON, Terence. et al., *Análisis de la prueba*, trad. De Flavia Carbonell y Claudio Agüero, Madrid, Marcial Pons, 2015.
- ANDREASSEN, Bård A. et al (ed). *Research methods in human rights. A handbook*, USA, Springer, 2017.
- BAYTELMAN Andrés y Mauricio DUCE. *Manual de Litigación en Juicios Orales*, Chile, Centro de Estudios de Justicia para las Américas (CEJA), 2004.
- BENAVENTE, Hesbert. *Estrategias para el desahogo de la prueba en el juicio oral*, México, Flores Editor y Distribuidor, 2010.
- BRAVO Figueroa, Roberto, et al. *Estudio y aplicación de la prueba desde un enfoque de derechos humanos*, México, SCJN, 2014.
- BRUNET Mauri, Salut. *Contribución de los polimorfismos del ADN al estudio del implante medular y de las quimeras en el trasplante alogénico de la médula ósea*, (Tesis doctoral), Universitat Autònoma de Barcelona facultat de medicina, Barcelona, 1990.
- CALVEIRO, Pilar. *Los derechos humanos como defensa de la dignidad*. México, Letras Magistrales, 2015.
- COPELLI, Silvia. *Genética: desde la herencia a la manipulación de los genes*, Buenos Aires, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2010.
- CRAIG, Adam, *Forensic Evidence in Court. Evaluation and Scientific Opinion*. United Kingdom, Wiley, 2016.

DECORTE, R. "Accreditation in Forensic DNA Analysis", en SIEGEL Jay, Pekka SAUKKO Y Max HOUCK (ed), Encyclopedia of Forensic Sciences, 2ª edición, USA, 2013, pp. 227-232.

ESTEVE, José y Javier, TEJEDA. *Ciencia y Derecho: La nueva división de poderes*. México, Fontamara, 2016.

FERRER Beltrán, Jordi. *La valoración racional de la prueba*, Madrid, Marcial Pons, 2007.

FONSECA, Roberto Carlos. Casos prácticos para la enseñanza del derecho penal. Teoría del delito y delitos en particular, México, Tirant lo Blanch, 2019.

FRANK, Jerome. *Derecho e incertidumbre*, México, Fontamara, 2012.

GARCIA, Zoraida et. al. *Ciencia forense en el nuevo sistema de justicia penal*, 2ª edición, México, Instituto de estudios judiciales, 2018.

GARCÍA Castillo, Zoraida et. al. *Temas de vanguardia en ciencia forense*, México, Tirant lo Blanch, 2018.

GASCÓN Abellán, Marina. "Prueba científica. Un mapa de retos", en Carmen, Vázquez (ed)., *Estándares de prueba y prueba científica*, Madrid, Marcial Pons, 2013.

GONZÁLEZ de la Vega, René et al. *La investigación criminal*, 3ª edición, México, Porrúa, 2004.

GONZÁLEZ Lagier, Daniel. "Tres modos de razonar sobre hechos (y algunos problemas sobre la prueba judicial planteados a partir de ellos)", en Carmen, Vázquez (ed)., *Hechos y razonamiento probatorio*, México, CEJI, 2018.

HACKETT, Edward et. al. *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3^o edición, USA, The MIT Press, 2008.

JASANOFF, Sheila. *Science at the bar. Law, Science and Technology in America*, USA, Twentieth Century Fund, 1997.

LAI, H. *The presumption of innocence as a human right*, en Roberts, P y Hunter, J. (Ed.), *Criminal evidence and human rights reimagining common law procedural traditions*, United Kingdom, Hart, 2012.

LARA González, Héctor. "Etapas de los diversos sistemas de justicia penal: juicio oral", en *El Nuevo Sistema de Justicia Penal Acusatorio, desde la Perspectiva Constitucional*. Consejo de la Judicatura Federal Poder Judicial de la Federación, México, 2011.

LATOUR, Bruno. *Reensamblar lo social. Una teoría del actor-red*, Buenos Aires, Manantial, 2008.

LAUDAN, Larry, *Verdad, Error y proceso penal. Un ensayo sobre epistemología jurídica*, trad. De Carmen Vázquez y Edgar Aguilera, Madrid, Marcial Pons, 2013.

LÁZARO Ruiz, Eliseo. *Ciencia forense y contrainterrogatorio*, México, INACIPE, 2019.

LENNARD, Chris. "Principles of Quality Assurance", en SIEGEL Jay, Pekka SAUKKO Y Max HOUCK (ed), *Encyclopedia of Forensic Sciences*, 2^aedición, USA, 2013, pp. 509-514.

LEVINE, Louis. *Guía del abogado para el uso de pruebas forenses de ADN*, México, FCE, 2010.

LYNCH, Michel, *Scientific Practice and Ordinary Action: Ethnomethodology and Social Studies of Science*, USA, Cambridge University Press, 1993.

- LYNCH, Michael. *Truth Machine. The Contentious History of DNA Fingerprinting*, USA, The University of Chicago Press, 2008.
- MONTEIRO, Reis A. *Ethics of human rights*, Switzerland, Springer, 2014.
- NIEVA, Jordi. *La prueba: mitos y leyendas*, México, MaGister, 2019.
- NIKKEN, P. *La protección internacional de los derechos humanos. Su desarrollo progresivo*. Madrid, Civitas, 1987.
- OSSET, M. *Más allá de los derechos humanos*. Barcelona, Actual Eterno, 2001.
- PECES-BARBA, Gregorio. Curso de derechos fundamentales, Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, Boletín Oficial del Estado, 1999.
- RAMÍREZ Aldaraca. Roberto Carlos. *Criminalística. Nuevos paradigmas una visión epistemológica y científica*, 2ª edición, México, Editorial flores, 2019.
- RAMÓN Cossío, José et.al. *El uso de evidencia científica y opinión experta en las sentencias de la suprema corte de justicia de la nación*, México, Tirant lo Blanch, 2017.
- ROBERTS Paul y Hunter, JILL (ed). *Criminal evidence and human rights. Reimagining common law procedural traditions*, Great Britain, Hart, 2012.
- ROMANO Silvia. *Lawfare, guerra judicial y neoliberalismo en América Latina*, Buenos Aires, Celag.org, 2019.
- RUGGERI, Stefano, *Transnational evidence and multicultural inquiries in Europe: Developments in EU legislation and new challenges for human rights-Oriented criminal investigations in cross-border cases*, Switzerland, Springer, 2014.
- SISMONDO, Sergio. *An Introduction to Science and Technology Studies*, 2º edición, Singapore, Blackwell Publishing Ltd, 2010.

TOSCANINI, Ulises. "Historia y evolución de la Genética forense. Grupos de trabajo de estandarización científica", en CRESPILO Márquez, Manuel y Pedro Barrio CABALLERO (eds.), *Genética forense Del laboratorio a los tribunales*, España, Díaz de Santos, 2019.

UBERTIS, Giulio, *Elementos de epistemología del proceso judicial*. Madrid, Trotta, 2017.

VÁZQUEZ, Carmen, *De la prueba científica a la prueba pericial*, Madrid, Marcial Pons, 2015.

VÁZQUEZ, Carmen. *La prueba pericial en el razonamiento probatorio*, México, Ceji, 2019.

- **Hemerografía**

ARROYO Cruzado, Gerardo. "Crónica sobre el impacto de la tecnología del ADN en las Ciencias Forenses", en *Revista Umbral*, Puerto Rico, No. 09, septiembre 2014, pp. 109-127.

BIEDERMAN, Alex. "Development of European standards for evaluative reporting in forensic science: The gap between intentions and perceptions" en *The International Journal of Evidence & Proof*, Vol.21, num. 1-2, 2017, pp. 14-29.

BUTLER John. "U.S. Initiatives to Strengthen Forensic Science & International Standards in Forensic DNA", en *Forensic Science International: Genetics*, s.l., Serie 18, 2015, pp. 4-20.

BRENA SESMA, Ingrid. "Privacidad y confidencialidad de los datos genéticos", en *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, México, nueva serie, año LI, número 154, enero- abril 2019, pp. 109-125.

- CARRACEDO, Ángel et.al. "Forensic DNA analysis in Europe: current situation and standardization efforts", en *Forensic Science International*, s.l., 86, 1997.pp. 87-102.
- COLE, Simon. "Witnessing Identification: Latent Fingerprinting Evidence and Expert Knowledge", en *Social Studies of Science*, 28 (5-6), 1998 pp. 687-712.
- Du Mingxiao, "Legal control of expert witness bias", en *The International Journal of Evidence & Proof*, Vol.21, num. 1-2, 2017, pp. 69-78.
- GASCON Abellán, Marina. "Razones científico-jurídicas para valorar la prueba científica: una argumentación multidisciplinar", en *Diario la ley*, España, Año XXXI, Número 7481, 4 de octubre de 2010. Pp. 1-9.
- GILL, Peter. "Misleading DNA Evidence: Reasons for Miscarriages of Justice", en *International Commentary on Evidence*, volume 10, (1), 2012, pp. 55-71.
- HAACK, Susan. "Six Signs of Scientism", en *Logos & Episteme*, Rumanía, Volumen 3, núm. 1, 2012, pp.75-95.
- HAACK Susan. "Trial and Error: The Supreme Court's Philosophy of Science", en *American Journal of Public Health*, Vol. 95, No. S1, Supplement 1, 2005, pp.66-73.
- HALFON, Saul. "Collecting, Testing and Convincing: Forensic DNA Experts in the Courts", en *Social Studies of Science*. 36, (5), 2006, págs.783-807.
- HUIJUN, Xu" Using sentencing evidence to effectively establish the balanced application of the death penalty in China" en *The international Journal of Evidence & Proof*, Vol.21, num. 1-2, 2017, pp. 143-157.
- LYNCH, Michael. "The Discursive Production of Uncertainty: The OJ Simpson 'Dream Team' and the Sociology of Knowledge Machine", en *Social Studies of Science*, s.l., vol.28, No. 5/6, 1998, págs. 829-868.

JACEWICZA Renata, Sasitaran IYAVOOB. "Standardization in forensic genetics—
A multifaceted challenge in Poland", en *Forensic Science International*, s.l.,
Serie 7, diciembre 2019, pp. 903-905.

JASANOFF, Sheila, "The Eye of Everyman: Witnessing DNA in the Simpson Trial",
en *Social Studies of Science*, 28 (5-6), 1998, pp. 713-740.

JORDAN Kathleen y Michael LYNCH. "The Dissemination, Standardization and
Routinization of a Molecular Biological Technique" en *Social Studies of
Science*, Vol. 28, núm 5/6, octubre-diciembre de 1998, pp. 773-800.

MALDONADO Asael y Hesbert BENAVENTE. "El Estado En La gestión Del
Conflicto: La Reforma Del Proceso Penal En Latinoamérica", en *Opinión
Jurídica*, Colombia, núm. 17, enero-junio de 2010, pp. 57-70.

PÉREZ Vergara, D. "Las células epiteliales: evidencia importante en casos
forenses", en *Gaceta Internacional de ciencias forenses*, España, núm. 24,
Julio-septiembre, 2017, pp. 20-33.

VARGAS VIANCOS, Juan Enrique. "La nueva generación de reformas procesales
penales en Latinoamérica", en *URVIO, revista Latinoamericana de Estudios
de seguridad*, Quito, núm. 3, 2008, pp. 33-47.

VILLALOBOS Rangel, Héctor. "Lo que se debe saber acerca de las pruebas de ADN
en el contexto forense", *Revista ciencias forenses de Honduras*, Honduras,
volumen 3, número 2, 2017, pp. 28-38.

WILSON-WILDE Linzi, James BRANDI y Stephen GUTOWSKI. "The future of
forensic science standards", en *Forensic Science International: Genetics
Supplement*, s.l., Serie 3, diciembre 2011, pp. 333-334.

- **Leyes**

CONVENCIÓN AMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS SUSCRITA EN LA CONFERENCIA ESPECIALIZADA INTERAMERICANA SOBRE DERECHOS HUMANOS, 1969, Artículo 8, (Documento web).

https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b32_convencion_americana_sobre_de_rechos_humanos.htm

DECLARACIÓN UNIVERSAL DE LOS DERECHOS HUMANOS, 1948, (Documento web). <https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/>. 08 de enero 2018.

DECLARACIÓN UNIVERSAL SOBRE EL GENOMA HUMANO Y LOS DERECHOS HUMANOS, 1997, (Documento web).

http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13177&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html.

DECLARACIÓN INTERNACIONAL SOBRE LOS DATOS GENÉTICOS HUMANOS, (Documento web), 2003, http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=17720&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A.C. MÉXICO. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NMX-EC-17025-IMNC-2018.

MÉXICO: Código Nacional de Procedimientos Penales.

MÉXICO: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

MÉXICO: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Instituto Mexicano para la normalización y certificación, A.C, 2018.

MÉXICO: Ley federal sobre metrología y normalización, 2009.

PACTO INTERNACIONAL DE DERECHOS CIVILES Y POLÍTICOS, 1966, (en línea) disponible en:
https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/ccpr_SP.pdf

SAN JOSÉ DE COSTA RICA: Convención Americana sobre Derechos Humanos, (Documento web).1969, https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b-32_convencion_americana_sobre_derechos_humanos.htm. 3 de enero 2019.

- **Tesis**

Sentencia causa penal 223/2015 Procedimiento abreviado [en línea], (TMX 1297935), Juzgado de Primera instancia en Materia Penal de Sistema Acusatorio y Oral, Distrito Judicial de Saltillo, Coahuila. Disponible en: <http://pjeq.gob.mx/sentencias/53SP252016.PDF>.

Tesis: 1a. CLXXXVII, Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, Novena Época, t. XXV, marzo de 2007, p. 258.

Tesis: I.4o.A.16 K (10a.), Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, Décima Época, t. XIX, abril de 2013:2263.

Tesis: I.1o.A.E.45 K (10a.), Gaceta del Semanario Judicial de la Federación Libro 24, t. IV, noviembre de 2015: p. 3605.

- **Sitios en red**

ANSI NATIONAL ACCREDITATION BOARD. "ISO/IEC 17025:2017- laboratorios de ciencias forenses de ensayo y calibración. Requisitos de acreditación".

(Documento web), 2018.

<https://anab.qualtraxcloud.com/ShowDocument.aspx?ID=13400>.

10 de febrero 2020.

BINDER, Alberto. "La reforma de la justicia penal en américa latina como política de largo plazo". (Documento web) 2016.

http://reflejar.jufejus.org.ar/www.jufejus.org.ar/images/doc/ACTIVIDADES/Estadisticas/Jornadas%20de%20Capacitacion/Material/Jornada_XII/LA_REFORMA_DE_LA_JUSTICIA_PENALEBERT.pdf.

8 de enero de 2020.

BUTLER John, Christine TOMSEY y Margaret KLINE. "Can the Validation Process in Forensic DNA Typing Be Standardized?".

(Documento web) 2004.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.7875&rep=rep1&type=pdf>. 6 de diciembre 2019.

CARRACEDO A, Et.al. "Problemas y retos de futuro de la genética forense en el siglo XXI", Cuad. med. forense (Documento web).2010, vol.16, n.1-2 [citado 2019-06-04], pp.31-35.

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062010000100004&lng=es&nrm=iso.ISSN 1988-611X)

[76062010000100004&lng=es&nrm=iso.ISSN 1988-611X](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062010000100004&lng=es&nrm=iso.ISSN 1988-611X). 08 de junio 2019.

CRESPILLO Márquez, Manuel et.al. "La importancia de garantizar la calidad y minimizar los riesgos de contaminación en el análisis genético forense", en Revista Española de Medicina Legal, (Documento web), 2017, núm. 43(1).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377473216300232>, pp. 20-25. 03 de junio 2019.

ENFSI. "Recommended Minimum Criteria for the Validation of Various Aspects of the DNA Profiling Process". (documento web)2010.

http://enfsi.eu/wpcontent/uploads/2016/09/minimum_validation_guidelines_in_dna_profiling_-_v2010_0.pdf.

9 marzo 2019.

EMA: Manual de procedimientos evaluación y acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo (pruebas)con base en la norma iso /iec 17025, 2019. (Documento web), s.f.

http://consultaema.mx:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta_1_Procedimientos_y_Políticas/MP-FP002_Evaluacion_acreditacion_LAB_2017025_3.pdf.

18 de enero 2019.

EMA: "Referencia MP-FE011_Criterios_Aplicacion_17025-Forenses", (Documento web).

s.f.,http://consultaema.mx:75/pqtinformativo/GENERAL/Forenses/Carpeta_1_Procedimientos_y_Políticas/MP-FE011_Criterios_Aplicacion_17025-Forenses.pdf.

12 de febrero 2019.

EXBALIN Oberto, Arnaud. "Perros asesinos y matanzas de perros en la ciudad de México (siglos XXI-XVIII)". (Documento web), 2014.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018539292014000100006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2448-7554.

16 de octubre de 2018.

GARCÍA, Zoraida. “La argumentación en la valoración de la prueba científica en el sistema penal acusatorio, emergente en el mundo latino”. (Documento web) s.f.

<http://iusfilosofiamundolatino.ua.es/download/VALORACIÓN%20DE%20LA%20PRUEBA%20CIENTÍFICA%20EN%20EL%20SISTEMA%20PENAL%20ACUSATORIO.pdf>. 9 de enero de 2019.

GASCÓN, Marina. “Validez y valor de las pruebas científicas: la prueba del ADN”. (Documento web). 2007. <https://www.uv.es/cefd/15/gascon.pdf>. 18 de junio 2019.

GERICHTSÄRZTE AM INSTITUT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN DER MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄT INNSBRUCK, “Opinión experta de análisis de ADN”. (Documento web), 2014, https://static.telesurtv.net/filesOnRFS/news/2014/12/07/documento_con_el_analisis_de_adn-1_de_alexander_mora1.pdf. 13 marzo de 2019.

GILL, Peter. “Misleading DNA Evidence: Reasons for Miscarriages of Justice”, (Documento web) 2015. <https://www.degruyter.com/view/journals/ice/10/1/article-p55.xml>. 9 de febrero 2019.

ILAC: Modules in Forensic Science Process, (Documento web), 2015, <http://www.iaac.org.mx/Documents/Controlled/Guidance/GD%2037%20ILAC%20G19%20Forensics.pdf?download=809>. 18 de junio de 2019.

INSTITUTO MEXICANO DE DERECHOS HUMANOS Y DEMOCRACIA, A.C. MÉXICO. “Derechos Humanos en el Sistema Penal Acusatorio”. (Documento web) 2012.

<https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/pagina/documentos/2016-11/ReformaPenal2014.pdf>. 12 junio 2017.

ISO - International Organization for Standardization. ISO (Documento web).
<http://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/home.html>
10 de septiembre, 2019.

ISO:II.A Brief History of ISO". (Documento web).S.f.,
<http://www.sis.pitt.edu/mbsclass/standards/martincic/isohistr.htm>.
10 de septiembre, 2019.

KISHORE, Ram, et.al. "Optimization of DNA Extraction from Low-Yield and Degraded Samples Using the BioRobot® EZ1 and BioRobot® M48". (Documento web) 2006.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1556-4029.2006.00204.x>.
22 de julio 2020.

MASCAREÑO, Aldo. "Ética de la contingencia por medio del derecho reflexivo". (Documento web)
https://www.researchgate.net/profile/Aldo_Mascareno/publication/264971538_Mascareno_A_2011_Etica_de_la_contingencia_por_medio_del_derecho_reflexivo_En_J_Torres_y_D_Rodriguez_eds_La_sociedad_como_pasion_Mexico_DF_Iberoamericana/links/55902e0308ae15962d8c42e2/Mascareno-A-2011-Etica-de-la-contingencia-por-medio-del-derecho-reflexivo-En-J-Torres-y-D-Rodriguez-eds-La-sociedad-como-pasion-Mexico-DF-Iberoamericana.pdf
08 de septiembre de 2019.

MÉXICO. "Centro nacional de metrología". (documento web), s.f.,
<https://www.gob.mx/cenam>. 27 de Julio 2020.

OLOMA Correa, Rodrigo y San Juan Claudio, AGÜERO. “Lógica, ciencia y experiencia en la valoración de la prueba. *Revista Chilena de Derecho*. 2014, (Documento web). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=177032561011>> 12 de abril de 2018.

PRIETO, L, et. al. “Valoración e interpretación de perfiles genéticos problemáticos”. (Documento web), 2014.
<https://lourditas.ga/docs/papers/forensics-spanish/Prieto-2014-valoracion-perfiles-problematicos.pdf>
15 de enero 2020.

RUIZ Jaramillo, Luis Bernardo. “La prueba pericial y su valoración en el proceso penal colombiano, hacia un régimen procesal holístico”, (Documento web). <http://ucsj.redalyc.org/articulo.oa?id=151445901007>> ISSN 0120-3886
6 de abril de 2018.

ROUX Claude, et. al. “The end of the (forensic science) world as we know it? The example of trace Evidence” 2018, (Documento web).
<http://rstb.royalsocietypublishing.org/>, 05 abril 2018.

TARUFFO, Michele. “La Prueba, Artículos y Conferencias” (Documento web).
<https://letrujil.files.wordpress.com/2012/01/la-prueba-michele-taruffo.pdf>.
(16 de agosto 2017).

VARGAS Ávila, Rodrigo. “La valoración de la prueba científica de ADN en el proceso penal. Prolegómenos. Derechos y Valores. (Documento web). 2010, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87617271008>> 5 de junio de 2018.

- **Páginas web**

Embajada y consulados de Estados Unidos en México. “Iniciativa Mérida, programa general”, (documento web), disponible en:
<https://mx.usembassy.gov/es/our-relationship-es/temas-bilaterales/iniciativa-merida/>.

The United States, department of justice, “The International Criminal Investigative Training Assistance Program (ICITAP)”, (documento web) disponible en:
<https://www.justice.gov/criminal-icitap>.

ANSI National Accreditation Board, (documento web), disponible en:
<https://www.anab.org>

ILAC “organización internacional para organismos y acreditación” (documento web), disponible en: <https://ilac.org/language-pages/spanish/>

Real academia española “Acreditar”, (documento web), disponible en:
<https://dle.rae.es/acreditar?m=form>

IAAC.ORG, “Guía de control para ciencias forenses”, (documento web), disponible en:
<http://www.iaac.org.mx/Documents/Controlled/Guidance/GD%2037%20LAC%20G19%20Forensics.pdf?download=809>

National Institute of Standards and Technology, “Validation information to aid forensic DNA laboratories”, (documento web), disponible en:
<https://strbase.nist.gov/validation.htm>

Proficiency Testing, Inc, “What is Proficiency Testing?” (documento web), disponible en: <https://www.hn-proficiency.com/profi.htm>

National Human Genome Research Institute, NIH, “Terminación del proyecto genoma humano: preguntas frecuentes”, (documento web), disponible en:

<https://www.genome.gov/11510905/preguntas-maacutes-frecuentes>

Real academia española “Estocástico”, (documento web), disponible en:

<https://dle.rae.es/estoc%2525C3%2525A1stico>

Real academia española “Sesgo”, (documento web), disponible en:

<https://dle.rae.es/sesgo>

Direcció General de Biblioteques UAQ