

MÓDULO III

INTERDISCIPLINARIO: GENÉTICA FORENSE Y DERECHO

CAPÍTULO ÚNICO

LA CONFIABILIDAD Y LA VALORACIÓN DE LA PRUEBA EN GENÉTICA FORENSE EN DERECHO

A lo largo de los capítulos anteriores he sostenido que los jueces de enjuiciamiento pueden carecer de modelos mentales completos que les permitan valorar de manera ideal las pruebas científicas, especialmente por el lenguaje técnico de muchas de ellas y el contexto en que se desarrolla la audiencia de juicio oral. Uno de los principales errores que se comenten es aceptarlas de manera dogmática, sin cuestionarlas, lo que puede llevar a una incorrecta valoración de la confiabilidad de la prueba.

Tal es el caso de la prueba en genética forense; en ella, desafortunadamente existen muchos ejemplos de errores al momento de su valoración que podrían conducir a falsos culpables y/o falsos inocentes.

Respecto a los errores de los falsos culpables (inocentes en prisión), algunos de ellos han sido ampliamente difundidos por el proyecto *The Innocence Project*,¹ cuya misión es liberar a personas inocentes que permanecen encarceladas. Ese mismo proyecto se ha replicado en diversos países, incluyendo México, bajo una organización denominada RED Inocente.²

En este capítulo se construyen los andamios del conocimiento que permitirán entender la prueba en genética forense y sus implicaciones en derecho, a fin de robustecer el modelo mental de los operadores jurídicos sobre dicha prueba.

Para llevar a cabo lo anterior, en este capítulo se abordan, en primer lugar, los temas de carácter descriptivo sobre genética forense, conceptos básicos para comprender la prueba de ADN, tipos de técnicas para la obtención de ADN y los alcances de cada una para la determinación de la verdad en derecho, fases de elaboración de la prueba y posibles errores en el proceso de elaboración.

Posteriormente, se plantea la propuesta para la valoración de la confiabilidad de la prueba en genética forense en la audiencia de juicio oral en materia penal, y se proporcionan las *guide questions* que deberán formularse

¹ Innocence Project, sitio *web* disponible en: <https://www.innocenceproject.org>

² RED Inocente, sitio *web* disponible en: <http://redinocente.org/>.

al experto en genética forense. Por último, se plantean los obstáculos epistémicos para la determinación de la verdad durante el interrogatorio del perito.

I. GENÉTICA FORENSE

La genética forma parte de la biología, ciencia que estudia la estructura de los seres vivos y sus procesos vitales. Se encarga del estudio de los genes y sus patrones de herencia; la molécula base en la genética es el ácido desoxirribonucleico (ADN).³ Algunas ramas de la genética son la molecular, la poblacional, la ecológica, la microbiana y la forense. Esta última puede entenderse en el siguiente sentido:

La genética forense puede definirse como la aplicación de la genética (en el sentido de una ciencia que tiene por objeto estudiar las características hereditarias para el análisis de las variaciones intra e inter-específicas de las poblaciones) a la resolución de los conflictos jurídicos.

La evolución de la genética forense ha sido impulsada por el análisis de la variación humana, que comenzó hace más de un siglo con el descubrimiento de Karl Landsteiner's de las variantes del grupo sanguíneo ABO humano (denominadas polimorfismos) y su temprana comprensión de que esta variación era aplicable en la resolución de casos y delitos de pruebas de paternidad.⁴

Complementando lo anterior, Sallavi señala lo siguiente:

La introducción del análisis de ADN en la ciencia forense supuso una revolución en las técnicas de identificación. Fue el genetista inglés sir Alec Jeffreys quien, en 1985, describió por primera vez la “huella dactilar de ADN” a la que hoy se hace referencia como “análisis de ADN”, “tipificación de ADN” o “análisis de ADN”. Jeffreys encontró que ciertas regiones del ADN contenían secuencias que se repetían una y otra vez, una al lado de otra en un número que difiere entre los individuos. Estas regiones repetidas se conocieron como VNTR's, que significa “número variable de repeticiones en tándem”. Jeffreys desarrolló una técnica para examinar la variación de longitud de estas secuencias repetidas de ADN, permitiendo la realización de pruebas de

³ Villavicencio Queijeiro, Alexa y Guardado Estrada, Mariano, “El estado del arte de la genética forense en México”, en García Castillo, Zoraida y Bravo-Gómez, María Elena (coords.), *El estado del arte de las ciencias forenses en México*, México, Tirant lo Blanch, 2017, p. 231.

⁴ Carracedo, Angel, “Forensic Genetics: History”, en Houck, Max, *Forensic Biology*, Reino Unido, Elsevier-Academic Press, 2015, p. 19. La traducción es mía.

identidad humana. La técnica se denominó “polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción” (RFLP) porque implicaba el uso de una enzima de restricción para cortar las regiones de ADN que rodean el VNTR’s.

...

Durante los primeros años del uso del ADN en los tribunales penales, parecía que se usaba una “bola mágica” —una herramienta forense capaz de establecer la culpabilidad o la inocencia— finalmente había tenido éxito. El ADN fue descrito como el “mayor avance de la ciencia forense desde la toma de huellas dactilares” y como el “mayor avance en la «búsqueda de la verdad», y el objetivo de condenar a los culpables y absolver a los inocentes, desde la llegada del contrainterrogatorio”.

Este estado de entusiasmo y gran expectación por la ciencia no era nuevo. Parecía que se iba a repetir la historia de la toma de huellas dactilares, que se había utilizado en los tribunales sin oposición durante casi un siglo. Curiosamente, el análisis forense de ADN se denominó por primera vez “toma de huellas dactilares de ADN” a propósito, con el fin de evocar la sensación de infalibilidad que había desarrollado el análisis de huellas dactilares.⁵

Algunos de los conflictos legales en que tiene aplicación la genética forense son: identificación del donante⁶ de material biológico recabado en la escena del crimen o del cuerpo de la víctima, identificación de cuerpos o restos humanos y exámenes de paternidad. Los dos primeros conflictos recaen en materia de derecho penal, mientras que el último en materia familiar.

Esta investigación se concentra en el uso de la genética forense en materia penal o “criminal”. En este sentido, el prototipo de enseñanza judicial para la valoración de la prueba en genética forense o de ADN se dirige a jueces de enjuiciamiento criminal y no en jueces en materia familiar. Aun así, los conocimientos generales sobre la prueba son aplicables a ambos.

En los últimos 20 años, el desarrollo y la aplicación de la genética han revolucionado la ciencia forense. Según Goodwin, Linacre y Hadi, en 1984, a partir del análisis de las regiones polimórficas del ADN, se produjo lo que se llamó “Huella digital de ADN”; un año después se utilizó la genética para resolver un caso real en materia de inmigración. Ya en 1986, se utilizó la prueba de ADN en un caso criminal en el que identificaron a Colin Pitchford como el homicida de dos jóvenes en Leicestershire, Reino Unido. A

⁵ Sallavaci, Oriola, *The Impact of Forensic Evidence on the Criminal Trial: The case of DNA Evidence*, Reino Unido, Routledge, 2014, pp. 56 y 58. La traducción es mía.

⁶ “Donante” en el sentido de “propietario” o “heredero” del perfil de ADN.

partir de esto, el uso de la genética forense fue extendiéndose y cobrando un papel importante en la investigación del delito.⁷

Villavicencio y Guardado señalan que en México fue hasta la década de 1990 cuando se realizaron estudios de identificación forense de individuos, el primero de ellos se llevó a cabo en 1991 en la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal (PGJDF), actual Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México (FGJCDMX), bajo la dirección del maestro en ciencias Alfonso Luna Vázquez, quien estableció los primeros perfiles genéticos para la resolución de casos forenses y de paternidad, utilizando HLA-DQ alfa y *polimarker*; el segundo estudio fue realizado en la Escuela de Graduados de Sanidad de la Escuela Médico Militar, en el laboratorio del doctor Jaime Berumen, quien implementó la técnica de *Southern Blot* para analizar el virus del papiloma humano, y de manera paralela desarrolló la identificación de individuos. Estas dos investigaciones abrieron el camino para que otros grupos de investigación incursionaran en el estudio de la variabilidad genética, principalmente con fines académicos, no forenses.⁸

II. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL ADN

En este apartado será aprovechado el trabajo realizado en la guía práctica *Assessing the Probative Value of DNA Evidence, Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists & Expert Witnesses*, elaborada por la Royal Statistical Society a fin de explicar algunos conceptos de biología básica que permitirán comprender mejor la prueba de ADN.

El primer concepto que abordar es el de “célula”, que responde a la pregunta: ¿dónde se encuentra el ADN?

Las células son los bloques de construcción microscópicos y la unidad de trabajo más pequeña de cualquier organismo vivo. Por lo general, consisten en un líquido llamado citoplasma que contiene las instrucciones para reproducir la “maquinaria” química que recorre la célula y un núcleo, todos están contenidos dentro de una membrana celular externa. Todas las células humanas, con la excepción de los glóbulos rojos maduros,⁹ tienen un núcleo que contiene un conjunto de moléculas llamadas cromosomas.¹⁰

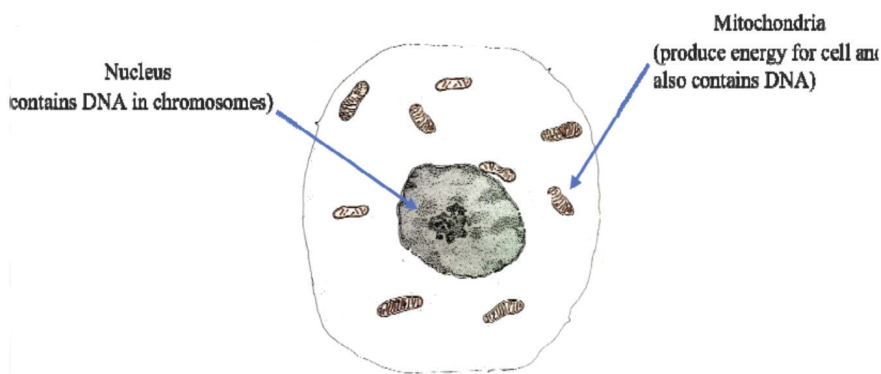
⁷ William, Goodwin *et al.*, *An Introduction to Forensic Genetics*, Reino Unido, Wiley, 2007, p. 1. Disponible en: https://www.bio.bg.ac.rs/materijali_predmeta/introduction2forensicgenetics07.pdf.

⁸ Villavicencio Queijeiro, Alexa y Guardado Estrada, Mariano, *op. cit.*, p. 235.

⁹ Esto implica que, dado que no tienen núcleo, no sería posible extraer ADN nuclear.

¹⁰ Colin, Aitken *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA...*, *cit.* p. 21.

ILUSTRACIÓN 64. REPRESENTACIÓN DIAGRAMÁTICA DE UNA CÉLULA HUMANA



FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 21.

El siguiente concepto es “cromosoma”. Cada cromosoma es una molécula de ácido desoxirribonucleico, el cual se encuentran en el núcleo de la célula y hay 23 pares, es decir, en total contamos con 46 cromosomas: 23 heredados del padre y 23 de la madre. La función de los cromosomas es determinar las características físicas y regular los procesos químicos en el cuerpo humano. Los cromosomas heredados de la madre están formados, a su vez, por dos secciones de los cromosomas que ella heredó, y lo mismo ocurre con los cromosomas del padre. Los cromosomas tienen regiones que se pueden codificar y otras que no; a las porciones que se pueden codificar se les conoce como “genes”.¹¹

En la ilustración 65, se representan los 46 cromosomas organizados en 23 pares, el último par contiene el gen que corresponde al sexo de la persona. La imagen del lado izquierdo con fondo oscuro representa uno de los cromosomas amplificado.

¹¹ *Ibidem*, p. 22.

ILUSTRACIÓN 65. REPRESENTACIÓN DIAGRAMÁTICA DE LOS CROMOSOMAS HUMANOS

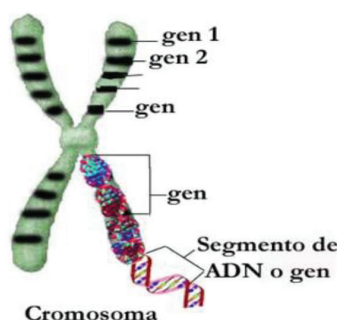


FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 22.

Para explicar cómo se estructura el ADN se abordarán los siguientes conceptos: “gen”, “locus” y “alelo”:

El “gen” es la unidad de herencia básica. Es un fragmento de ADN que contiene información para una característica concreta, por ejemplo, el color de mi piel, mi altura o el color de mis ojos. Los científicos estiman que cada ser humano tiene entre 30,000 y 35,000 genes.¹²

ILUSTRACIÓN 66. GEN

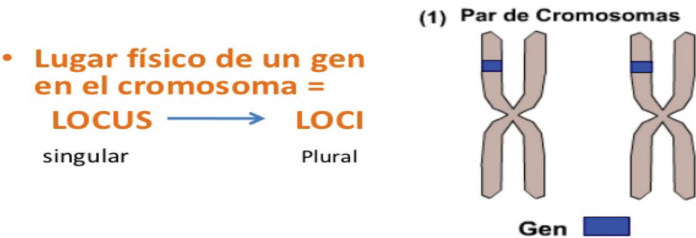


FUENTE: https://www.google.com.mx/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwikgre-y-DcAhVJQ6wKHQ6jCxcgQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.fera.to.com%2Fwiki%2Findex.php%2FGen&psig=AOvVaw0Lrd_QdeDQY2AmdpyaZUo0&ust=1533925308089731.

¹² Cfr. esta información en: https://www.youtube.com/watch?v=_fosaIUSeXs&t=226s.

El “locus” es el lugar físico de un gen en el cromosoma; el plural de locus es loci.¹³

ILUSTRACIÓN 67. LOCUS



FUENTE: <https://es.slideshare.net/Rosmakoch/gentica-8028791>.

Los equipos actuales pueden llegar a analizar hasta 21 loci del cromosoma; sin embargo, los más comunes analizan 16, cada uno de ellos con un nombre en específico. Los más frecuentes son:

ILUSTRACIÓN 68. LOCI ANALIZADOS POR LOS MULTIPLEX MÁS FRECUENTES

VWA	TH01	D21S11	FGA	D8S1179	D3S1358	D18S51	TPOX
CSF1P0	D13S317	D7S820	D5S818	D16S539	D2S1338	D19S433	Amelogenin (Sexo)

FUENTE: INTERPOL, *Manual de INTERPOL sobre el intercambio y la utilización de datos relativos al ADN. Recomendaciones del grupo de expertos en ADN de INTERPOL*, 2a. ed., s/f, 2009, p. 36.

¿Por qué son estos loci los que se analizan y no otros? No es factible ni necesario reconstruir el perfil de ADN completo de una persona, por lo que los perfiles forenses sólo muestran una pequeña cantidad de los loci del ADN. Ahora bien, se trata de analizar los loci que tengan mayor variación, ya que eso incrementa el poder de discriminación entre individuos.¹⁴ A este tipo de loci que presentan variaciones se les llama polimorfismos.

Con respecto al concepto de “alelo”, los perfiles de ADN expresan valores para las repeticiones cortas en tándem (STR); el número de veces que

¹³ Moira Taupin, Jane, *Using Forensic DNA Evidence at Trial. A Case Study Approach*, Estados Unidos, CRC Press, 2016, p. 185.

¹⁴ Colin, Aitken *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA...*, *cit.*, p. 23.

las secuencias se repiten varía entre los individuos, y la longitud de cada secuencia repetida se puede medir y expresar como el número de repeticiones en la secuencia. A esto se llama alelo.¹⁵

ILUSTRACIÓN 69. ALELOS EN UN LOCUS



FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 24.

Otra definición de alelo es: “la posibilidad de expresión de un gen, que puede ser dominante al enmascarar al otro, o ser recesivo”.¹⁶ El alelo está vinculado con el concepto de “fenotipo”, que es el aspecto físico en que se manifiestan los genes.

Cuando un alelo es dominante, implica que el genotipo es homocigoto; es decir, un gen dado tiene en cada cromosoma homólogo (papá y mamá) el mismo tipo de alelo, por ejemplo, AA o aa. Por su parte, el alelo recesivo se deriva de un genotipo heterocigoto en el que cada cromosoma homólogo tiene un alelo distinto, por ejemplo, Aa (véase la ilustración 70).

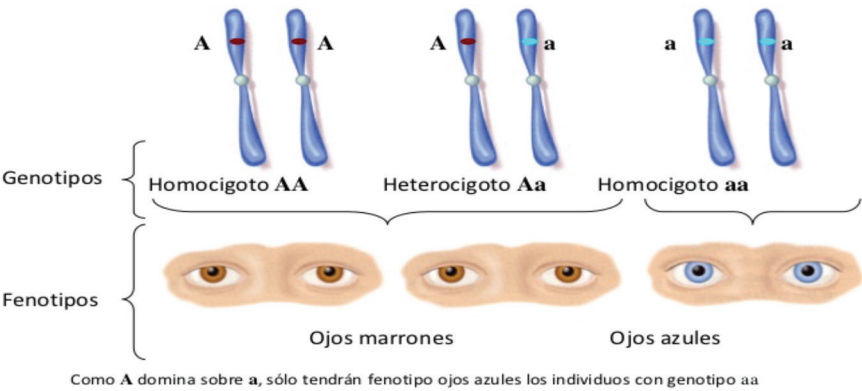
A genotype at a locus consists of two STR values, one for the allele inherited from the father and one for the allele inherited from the mother. If these alleles have two different values, the person is said to be heterozygous at that locus. If the values for the two alleles happen to be the same, the person is homozygous at that locus.¹⁷

¹⁵ *Idem.*

¹⁶ Definición disponible en: https://i2.wp.com/cuadroscomparativos.com/wp-content/uploads/2016/05/slide_4-1.jpg

¹⁷ Colin, Aitken *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA...*, *cit.*, p. 24.

ILUSTRACIÓN 70. HOMOCIGOTO Y HETEROCIGOTO



FUENTE: <https://www.google.com.mx/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2aUK EwvjEwbn3iuHcAhUSXK0KHfWDC1YQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fes.slideshare.net%2Ffjuliomsanjuan%2Fud-5-la-herencia-biologica&psig=AOvVaw0w0xuXhA>

¿De qué está constituido el ADN? se forma a partir de cuatro “bases” químicas, llamadas adenina, citosina, guanina y timina.

TABLA 10. BASES QUÍMICAS QUE COMPONEN EL ADN

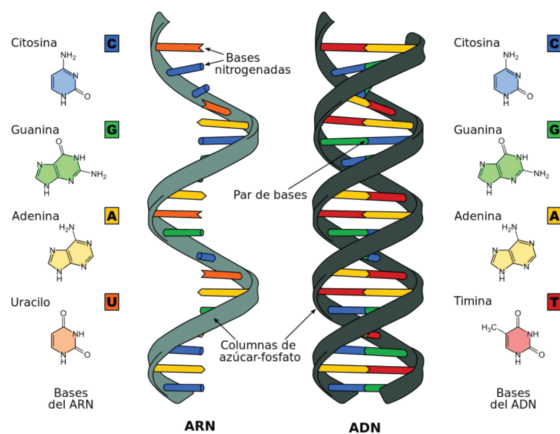
ADN	=	A	C	G	T
		D	I	U	I
		E	T	A	M
		N	O	N	I
		I	C	I	N
		N	I	N	A
		A	N	A	
			A		

FUENTE: elaboración propia.

Estas bases químicas se unen en pares dentro de la doble hélice de acuerdo con un patrón regular. La base adenina se une sólo con la base timina y la base guanina se une sólo con la base citosina.¹⁸

¹⁸ *Ibidem*, p. 22.

ILUSTRACIÓN 71. UNIÓN DE LAS BASES QUÍMICAS DEL ADN



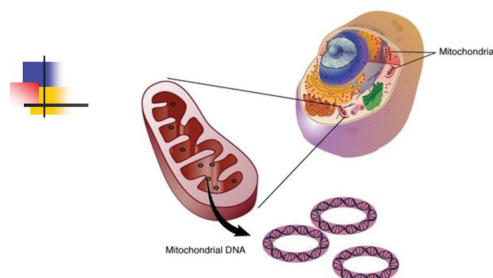
FUENTE: <https://periodicosalud.com/wp-content/uploads/2017/02/ADN-%E2%80%93Definici%C3%B3n-estructura-y-funciones-1.png>.

En la imagen anterior se muestra en colores la unión de las bases químicas, la adenina (amarillo) en unión con la timina (rojo), y la guanina (verde) en unión con la citocina (azul).

Ahora bien, no nada más los cromosomas contenidos en el núcleo de la célula contienen ADN, ya que también las mitocondrias contienen una doble hélice circular de ADN, conocido como ADN mitocondrial (ADNmt), éste sólo contiene los genes heredados de la madre, por lo que su alcance identificativo es menor con respecto al ADN nuclear y se distingue del ADN nuclear o cromosómico.

ILUSTRACIÓN 72. ADN MITOCONDRIAL (ADNMT)

DNA Mitocondrial (mt)



FUENTE: <https://slideplayer.es/3277123/11/images/1/DNA+Mitocondrial+%28mt%29.jpg>

Hasta este punto se ha mencionado que es posible obtener ADN nuclear o ADN mitocondrial (ADNmt), pero existe otro conocido como ADN cromosoma Y. Este último también se obtiene de los cromosomas contenidos en el núcleo de la célula, sólo que únicamente contiene la información genética de la vía paterna.

En el siguiente apartado se tratará acerca de cada uno de los tipos de ADN y las implicaciones en su valoración en un caso criminal.

III. ADN NUCLEAR, MITOCONDRIAL Y CROMOSOMA Y

En una investigación criminal, no es lo mismo contar con una prueba de ADN en la que se analiza ADN nuclear, a que sea mitocondrial o por cromosoma Y. Mientras que el ADN nuclear brinda la información genética completa heredada de ambos padres, el ADN mitocondrial y por cromosoma Y únicamente muestran la información genética heredada por uno de los padres. Por lo anterior, estos dos últimos tipos de ADN no brindan un perfil genético completo, así que su valoración debe hacerse atendiendo al caso concreto de que se trate.

Para ejemplificar, en los siguientes tres apartados se retomarán dos de los casos señalados en el capítulo anterior, el *caso Ayotzinapa* y el *caso Guatemala*.

1. *El ADN nuclear*

En el *caso Ayotzinapa*, intervino en la investigación del caso un equipo argentino de antropología forense (EAAF).¹⁹ El equipo, siguiendo una determinada metodología, clasificó y analizó los restos óseos encontrados en el basurero de Cocula y el río San Juan, en Guerrero, mismos que se asumió pertenecían a los 43 normalistas víctimas del delito de desaparición forzada.²⁰

Las áreas forenses que intervinieron, principalmente en el análisis de los restos, fueron antropología forense, odontología forense y genética, siendo esta última la más viable para la identificación debido a la severa fragmentación de los restos óseos y la alteración térmica.

¹⁹ Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF), sitio web: <http://www.eaaf.org/>.

²⁰ Equipo Argentino de Antropología Forense, “Dictamen sobre el basurero de Cocula”, febrero de 2016, p. 351. Disponible en: <http://www.eaaf.org/files/dictamen-sobre-el-basurero-cocula-feb2016.pdf>.

Durante la recuperación de restos óseos en el Basurero de Cocula que tuvo lugar desde el 27 de octubre del 2014 hasta el 6 de noviembre del mismo año, los equipos forenses de PGR y del EAAF seleccionaron piezas óseas que al estar menos alteradas térmicamente que otras, podían ofrecer alguna posibilidad de ser procesadas genéticamente con fines identificatorios...

Por esta razón, el intento de procesamiento genético de los pocos restos que pudieran calificar debía llevarse a cabo en un laboratorio de amplia trayectoria en el procesamiento de muestras severamente degradadas. Se analizaron diferentes opciones de laboratorios internacionales. El EAAF propuso el laboratorio de genética de la Universidad de Medicina de Innsbruck, Austria, debido a su larga experiencia como laboratorio genético, en particular en lo que hace a muestras altamente degradadas. La propuesta fue aceptada por PGR.

En noviembre del 2014, peritos en genética de PGR y EAAF realizaron una primera selección de muestras para enviar al laboratorio de Innsbruck, totalizando 17 piezas: 10 fragmentos provienen del basurero de Cocula y 7 provienen de la bolsa que según PGR fue recuperada del río San Juan.²¹

TABLA 11. RESTOS ÓSEOS ANALIZADOS EN EL LABORATORIO DE INNSBRUCK

<i>Código genético</i>	<i>Descripción</i>
<i>Muestras basurero de Cocula</i>	
6-1-F5	Fragmento óseo carbonizado de 1.5 cm x 1.5 cm aprox.
8-1-F5	Fragmento óseo carbonizado plano de 4.0 cm x 2 cm
11-1-F5	Fragmento óseo carbonizado de 1.5 cm x 1.5 cm
13-ES	Fragmento óseo carbonizado de 5.0 x 2 cm (cadena de custodia indica 13-1-f5)
16-1-F5	2 fragmentos óseos: 1) 6.0 cm y 1.5 cm y 2) 2.5 cm x 2.0 cm
17-1-A8	Fragmento óseo carbonizado de 5.0 cm x 2.5 cm
21-I7	3 fragmentos óseos carbonizado 1) 3.0 cm x 1.0 cm, 2) 4.0 cm x 1.5 cm y 3) 5.5 cm x 1.0 cm
22-I7	Fragmento óseo carbonizado plano de 3.0 cm x 2 cm
7-I-F5	Fragmento óseo carbonizado plano de 4.0 cm x 1 cm
20-H7	Fragmento óseo carbonizado plano de 3.2 cm x 0.7 cm

²¹ *Ibidem*, pp. 195 y 196.

<i>Código genético</i>	<i>Descripción</i>
<i>Muestras bolsa río San Juan</i>	
13-29102014	6 fragmentos óseos, todos del mismo hueso: 1) 4.0 cm x 2.0 cm 2) 1.5 cm x 0.5 cm 3) 1.5 cm x 1.5 cm 4) 1.0 cm x 0.5 cm 5) 1 cm x 0.5 cm 6) 0.5 cm x 0.5 cm
18-29102014	2 fragmentos óseos, todos del mismo hueso: 1) 6.0 cm x 3.0 cm 2) 4.5 cm x 1.50 cm
27-29102014	1 fragmento óseo de 5.5 cm x 4.5 cm
5-29102014	2 fragmentos óseos, todos del mismo hueso: 1) 5.0 cm x 3.0 cm 2) 5.5 cm x 3.0 cm 3) 3.0 cm x 2.0 cm (Aquí hay un error por parte del EAAF, señala cuatro fragmentos, pero sólo describe tres de ellos). ²²
5A29102014	Fragmento óseo de 3.5 cm x 1.5 cm
14-29102014	Fragmentos óseos: 1) 11.0 cm x 2.5 cm 2) 4.0 cm x 2.0 cm 3) 2.0 cm x 1.5 cm
16-29102014	Fragmento óseo de 13.0 cm x 2.7 cm

FUENTE: Equipo Argentino de Antropología Forense, dictamen sobre el basurero de Cocula, febrero de 2016, pp. 195 y 196.

De las 17 muestras enviadas a Innsbruck en 2014, sólo de una se logró extraer ADN nuclear y obtener un perfil genético debido al grado de deterioro por alteración térmica y fragmentación de las mismas. Se trató de la muestra codificada como 27-29102014, obtenida de una de las bolsas recuperadas del río San Juan, y dio como resultado una probabilidad de parentesco genéticamente fuerte y clara con los familiares donantes de muestras para análisis de ADN del joven normalista Alexander Mora Venancio.²³

²² El paréntesis es mío.

²³ Equipo Argentino de Antropología Forense, *op. cit.*, p. 198.

Esta identificación se alcanzó antes del tiempo esperado porque la muestra en cuestión se encontraba en mejores condiciones de preservación que las otras halladas en el basurero de Cocula y a la vera del río San Juan. Se trata de una muestra particularmente inusual en cuanto a su tamaño (4.5 cm x 5.5 cm aproximadamente) y con muy poca alteración térmica. El EAAF no observó ninguna otra muestra entre los restos óseos recuperados en el basurero de Cocula o provenientes de la bolsa que PGR señala recogió del río San Juan que se encuentre en condiciones de conservación similares. Esto posibilitó la obtención de un perfil de ADN nuclear, el cual puede ser altamente efectivo en términos de identificación humana y, a veces, más rápido de obtener resultados que otros tipos de ADN que se utilizan con los mismos fines.²⁴

Conviene subrayar que el EAAF es muy claro al señalar que la bolsa de plástico en la que se encontraba el fragmento de hueso correspondiente con el perfil genético de Alexander Mora Venancio fue recuperada por buzos de la policía federal y entregada a peritos de la Procuraduría General de la República, por lo que ellos no tuvieron participación en el hallazgo de dicho fragmento:

El EAAF fue convocado por la PGR al lugar cuando ya se encontraba la bolsa de restos abierta y la muestra en cuestión junto con otras ya se encontraban sobre un área a la vera del río San Juan. El EAAF desea señalar que esto no afecta la identificación pero que no fue testigo del hallazgo del fragmento que culminó con esta identificación.²⁵

La aclaración realizada por el EAAF tiene importantes consecuencias en el esclarecimiento de los hechos del *caso Ayotzinapa*:

1) A partir del resultado de ADN nuclear, lo único que se puede probar en el caso es: “El resto óseo 27-29102014 corresponde al normalista desaparecido Alexander Mora Venancio”, mas no todo lo que señalaban la prensa y las autoridades acerca de que los normalistas habían sido quemados y sus restos arrojados al río San Juan.

2) No hay certeza de que el resto óseo de Alexander Mora Venancio efectivamente haya sido recuperado de la bolsa del río San Juan, como lo señala el EAAF, no fueron testigos del hallazgo del fragmento, por lo que su cadena de custodia es cuestionable.

Dentro de una valoración de la prueba en un caso con tanta complejidad como éste, el que sólo se haya identificado uno de los restos óseos y que

²⁴ *Ibidem*, p. 199.

²⁵ *Idem*.

además no se tuviera certeza de su procedencia, no aportó mucho al esclarecimiento de los hechos.

Cabe mencionar que en noviembre de 2019 fueron recuperados otros restos óseos por la Unidad Especial de Investigación y Litigación para el Caso Ayotzinapa de la Fiscalía General de la República en la barranca La Carnicería, ejido Cocula, estado de Guerrero. Nuevamente fueron enviadas muestras al laboratorio de genética de la Universidad de Innsbruck y se reportó una coincidencia genética entre uno de los restos recuperados y la familia del estudiante desaparecido Christian Alfonso Rodríguez Telumbre, uno de los 43. En este caso también se trató de un análisis genético de ADN nuclear.²⁶

Hay que resaltar lo siguiente: en el *caso Ayotzinapa* no se cuestiona la confiabilidad de las pruebas de ADN nuclear elaboradas, por lo que no habría problema al momento de valorarlas; sin embargo, cuando ocurra un proceso de ponderación por parte del juez, en el que éste considere el grado en que cada una de las pruebas aporten al esclarecimiento de los hechos en una teoría del caso determinada, estas pruebas tendrían un peso epistémico bajo para la determinación de la verdad, ya que sólo aportan información para la identificación de las víctimas, y no de los victimarios.

Por lo que se refiere al *caso Guatemala*, también se llevó a cabo un análisis de ADN nuclear, con el objetivo de “comparar el perfil genético obtenido de la sangre de cada uno de los sospechosos con el o los perfiles genéticos que se obtengan de las muestras de semen ubicadas en los hisopados vaginales y el vestido”.²⁷

Las muestras que se remitieron al perito en genética forense para analizar fueron las siguientes:

TABLA 12. CASO GUATEMALA, MUESTRAS PARA LA PRUEBA DE ADN

Muestra	Descripción
1	Dos hisopos con secreción vaginal tomados de Margarita X (víctima)
2	Dos hisopos con muestras del área vaginal tomados a Margarita X (víctima)
3	Dos hisopos con muestra del área anal tomados a Margarita X (víctima)

²⁶ Equipo Argentino de Antropología Forense, “Coincidencia genética entre un resto óseo recuperado en el ejido Cocula y la familia de uno de los 43 normalistas desaparecidos de Ayotzinapa”. Disponible en: <https://eaaf.org/coincidencia-genetica-entre-un-resto-oseo-recuperado-en-el-ejido-cocula-y-la-familia-de-uno-de-los-43-normalistas-desaparecidos-de-ayotzinapa/>.

²⁷ Sentencia 1, Tribunal X, p. 22.

<i>Muestra</i>	<i>Descripción</i>
4	Fragmentos de tela tomados de un vestido color corinto (vestimenta de la víctima)
5	Muestra de sangre perteneciente a Margarita X (víctima)
6	Muestra de sangre perteneciente a Juan X (sospechoso)
7	Muestra de sangre perteneciente a Felipe X (sospechoso)
8	Muestra de sangre perteneciente a Pedro X (sospechoso)
9	Muestra de sangre perteneciente a Rodolfo X (sospechoso)
10	Muestra de sangre perteneciente a Guillermo X (sospechoso)

FUENTE: Sentencia 1, Tribunal X, p. 22.

Las conclusiones con base en los resultados de STR de ADN autosómico (nuclear) fueron las siguientes:

El perito detalla que: I. Los perfiles genéticos obtenidos de la muestra del vestido y en las fracciones femeninas de los hisopados vaginales y rectales son idénticos entre sí y coincidentes con el perfil genético de la víctima. II. Los perfiles genéticos obtenidos en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales son compatibles con un perfil mezcla de al menos dos personas al encontrarse tres o más alelos para algunos marcadores. III. En los perfiles mezcla obtenidos en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales se observan distintas proporciones de mezcla, aunque es posible observar en algunos un perfil genético mayoritario que no es compatible con ninguno de los sospechosos analizados. IV. Igualmente se observa en algunos marcadores una serie de alelos en menor proporción que son compatibles con los que posee el sospechoso tres (que conforme a la numeración corresponde a Pedro X), no obstante, hay algunos marcadores que no evidencian presencia de mezcla, si bien es cierto que esto podría deberse a que para ese marcador los donantes de la muestra coincidan o bien que se haya producido un fenómeno de “*drop out*” o pérdida alélica que es común en los casos de mezclas con gran desproporción.²⁸

Si interpretamos las conclusiones I y II, podríamos decir que al señalar “fracciones femeninas” en la primera y, “fracciones masculinas” en la segunda, se indica que en las muestras biológicas que refieren se encontró ADN correspondiente con el sexo femenino y masculino.

²⁸ *Ibidem*, pp. 23 y 24.

En este sentido, la primera conclusión no ayuda a probar ninguna de las proposiciones *probandum* para el caso, dado que lo único que nos está indicando es que las muestras 1, 2, 3 y 4 corresponden con la muestra número 5, es decir, el perfil de ADN de la víctima.

La segunda conclusión resulta interesante al señalar que en las “fracciones masculinas” de las muestras analizadas 1, 2 y 3 se encuentra un perfil de ADN mezcla de al menos dos personas. Este resultado ya involucra una consecuencia para la determinación de la verdad de las proposiciones del caso, ya que ayudaría a determinar la participación de más de un individuo en la violación y el homicidio de la víctima, mas no ayudaría a probar la participación de un sujeto en específico.

La tercera conclusión es importante para la investigación criminal al señalar que se observa un perfil de ADN mayoritario no compatible con el perfil de ADN de ninguno de los cinco sospechosos en el caso, lo que podría significar la participación de otro sujeto en el delito y que al momento no se encuentre entre los sospechosos.

La última conclusión nos lleva a determinar la posible participación en el delito del sospechoso de nombre Pedro X; sin embargo, al señalar “en algunos marcadores una serie de alelos en menor proporción son compatibles con los del sospechoso tres”, no garantiza, sin lugar a duda, que efectivamente se trate del perfil de ADN del sospechoso tres, sino únicamente la compatibilidad en algunos marcadores. En este sentido, el experto debería responder sobre la probabilidad de que sólo con esos marcadores genéticos compatibles se trate del sospechoso tres y no de otra persona; no obstante, por lo menos en el dictamen pericial no se desprende información al respecto vinculada con esta probabilidad.²⁹

2. *El ADN mitocondrial*

A diferencia del ADN nuclear, el mitocondrial se utiliza para analizar la herencia genética por la vía materna. Algunas de las ventajas del ADN mitocondrial sobre el nuclear son las siguientes:

- 1) Presenta mayor tasa de mutación, por lo que genera una diversidad sustancial en los genes.
- 2) Existe en múltiples copias, por lo que se puede analizar aunque la muestra sea pequeña o esté degradada. Es ampliamente utilizado

²⁹ Más adelante, en el apartado “Presentación de la prueba de ADN”, se mostrará la estructura del peritaje en referencia.

para muestras que contienen poco o nada de ADN nuclear, por ejemplo, cabellos, huesos quemados o restos degradados.

El ADN mitocondrial se debe analizar como un solo alelo, dado que sólo se estudia la herencia de la madre.

El ADN mitocondrial (ADNmt) ha sido ampliamente utilizado para inferir aspectos de las historias de la población femenina humana. Una de las ventajas clave del ADN mitocondrial sobre el ADN nuclear para este trabajo es su mayor tasa de mutación, que genera una diversidad sustancial. Además, debido a que existe en múltiples copias, el ADNmt es más fácil de analizar a partir de muestras pequeñas y/o degradadas, incluyendo muestras de ADN antiguo, lo que también las hace útiles para la identificación forense. Se utilizan ampliamente para muestras que contienen poco o nada de ADN nuclear, para muestras, cabellos sueltos, huesos y restos quemados o gravemente degradados.

El ADNmt es el único tipo de ADN para el que la secuenciación es actualmente el método habitual de análisis. Se hereda casi totalmente por vía materna y, por lo tanto, no se ve afectada por la recombinación. Una secuencia de ADNmt debe, por lo tanto, ser analizada como un único alelo, lo que hace que sea un pobre discriminador entre individuos que están lejanamente relacionados a través de sus linajes maternos.³⁰

En el caso *Ayotzinapa*, al no haber logrado identificar 16 de las 17 muestras enviadas al laboratorio de Innsbruck mediante ADN nuclear, se intentó realizar la extracción de ADN mitocondrial:

Al no haber podido obtener perfiles genéticos de ADN nuclear de las 16 muestras restantes, el siguiente paso era intentar obtener ADN mitocondrial. Ubicado en organelos llamados mitocondrias que se encuentran en el citoplasma de cada célula (es decir, fuera del núcleo de cada célula), este tipo de ADN se hereda por el linaje materno, es decir, lo heredan hombres y mujeres pero sólo lo transmiten las mujeres de generación en generación. El haplotipo o perfil mitocondrial es exactamente el mismo de generación en generación dentro de un mismo linaje materno y entre los miembros de una misma generación dentro de cada linaje materno. Es decir, todos los hermanos y hermanas de la misma madre tendrán el mismo perfil mitocondrial; las hermanas y hermanos de esa misma madre tendrán el mismo ADN mitocondrial y así sucesivamente, de generación en generación en ese linaje materno. En este sentido, la región de ADN mitocondrial que se analiza es menos individua-

³⁰ Balding, David J. y Steele, Christopher D., *Weight of Evidence for Forensic DNA Profiles*, 2a. ed., Reino Unido, Wiley, 2015, p. 12. La traducción es mía.

lizadora o discriminante en términos de identificación humana que el ADN nuclear, cuyo perfil se conforma a partir de la información genética existente en el padre y madre de cada persona en combinaciones azarosas con cada concepción. Es decir, los perfiles genéticos nucleares entre hermanos y/o hermanas de los mismos padres son distintos entre sí. La excepción está dada por los gemelos idénticos. Sin embargo, el ADN mitocondrial es más factible de ser analizado al existir muchas copias del mismo en las mitocondrias y en ese sentido, es muchas veces el único tipo de ADN que se puede analizar en muestras muy degradadas.³¹

En un primer momento, la extracción de ADN mitocondrial se trató de realizar con métodos tradicionales, pero no fue posible, por lo que el laboratorio solicitó autorización a la PGR (actual Fiscalía General de la República) para probar con un método experimental denominado “Secuenciación Masiva Paralela”.

El método utilizado dio resultados y se logró obtener ADN mitocondrial de nueve de las 16 muestras óseas. De estas nueve, resultó que siete no eran de origen humano (probablemente fueran de origen animal).³² Las dos muestras óseas restantes con ADN mitocondrial humano provenían de la bolsa recuperada por la PGR del río San Juan.

El procedimiento para llevar a cabo la comparativa de estos perfiles de ADN mitocondrial consistió en:

El laboratorio de Innsbruck procesó un familiar de la línea materna de cada uno de los 43 normalistas y obtuvo el correspondiente perfil mitocondrial. Es importante señalar que, según las conclusiones alcanzadas por el laboratorio de Innsbruck, el perfil mitocondrial (o haplotipo) recuperado de cada uno de estos familiares maternos es distinto entre sí. Es decir, ninguna de las 42 familias de los 43 estudiantes —hay dos hermanos hijos de la misma madre entre ellos— comparte el mismo perfil mitocondrial;³³

Los resultados fueron los siguientes:

- 1) Coincidencia entre el perfil de ADN mitocondrial de la muestra 17-29102014 con familiares maternos de Alexander Mora Venancio.

³¹ Equipo Argentino de Antropología Forense, “Dictamen sobre el basurero de Cocula...”, *cit.*, p. 201.

³² Este resultado implica una responsabilidad para el equipo de antropología, ya que fueron ellos los encargados de clasificar los restos óseos; en este caso, al laboratorio de Innsbruck de genética forense sólo debieron llegar restos óseos humanos.

³³ Equipo Argentino de Antropología Forense, “Dictamen sobre el basurero de Cocula...”, *cit.*, p. 202.

Comentarios del EAAF sobre estos resultados: la nueva coincidencia genética, esta vez por vía mitocondrial, entre una muestra ósea recuperada de la bolsa que según PGR proviene del río San Juan y los familiares de Alexander Mora Venancio es complementaria y refuerza el dictamen de genética emitido en diciembre del 2014 por el laboratorio de Innsbruck. En esa ocasión, la coincidencia genética se obtuvo por ADN nuclear, con un resultado claro y con alta probabilidad de parentesco biológico. Hasta la fecha, es el resultado más importante de esta identificación.³⁴

- 2) Coincidencia de valor “moderado” entre el perfil de ADN mitocondrial de la muestra 16-29102014 con familiar materno de Jhosivani Guerrero de la Cruz. ¿Qué implica que la coincidencia haya sido “moderada” en el caso?

Comentarios del EAAF sobre estos resultados:

La coincidencia genética por vía mitocondrial hallada por el laboratorio de Innsbruck entre la muestra 15942501-16-29102014 recuperada de la bolsa que según PGR proviene del río San Juan y los familiares de Jhosivani Guerrero de la Cruz, es baja en términos estadísticos.

La estadística en análisis genéticos con fines identificatorios muestra cuál es la probabilidad de que esta coincidencia se deba a un parentesco biológico real o sea una coincidencia por azar en donde, familias no emparentadas biológicamente el día de hoy, puedan compartir el mismo perfil mitocondrial. En este sentido, la estadística es una parte fundamental de los análisis genéticos con fines identificatorios. Para ello, se consulta la frecuencia poblacional del perfil genético obtenido en una muestra, para conocer cuán frecuente es en la población con que se compara, y de este modo, establecer la probabilidad de coincidencia por azar. El laboratorio de Innsbruck señaló en su dictamen que comparó el perfil mitocondrial obtenido en esta coincidencia con los 2,400 perfiles mitocondriales mexicanos presentes en la base de datos de ADN mitocondrial EMPOP (EDNAP forensic mtDNA population database), observando que el mismo aparece 33 veces entre ellos. Esto implica una razón de verosimilitud de 72, que indica que la coincidencia es 72 contra 1 más probable si se trata de Jhosivani Guerrero de la Cruz que si se trata de otro individuo no relacionado de la población mexicana en general. El dictamen del laboratorio de Innsbruck habla entonces de una “moderada coincidencia” o “moderada evidencia”.³⁵

³⁴ *Ibidem*, pp. 202 y 203.

³⁵ *Idem*.

El cálculo estadístico realizado por el laboratorio de Innsbruck fue necesario dado que en este caso no se tiene certeza de que efectivamente los restos óseos correspondan exclusivamente a los 43 normalistas y no sólo se tiene que identificar qué resto óseo corresponde a cuál normalista. El trabajo aquí resulta mucho más complejo, ya que es necesario determinar si alguno de los perfiles de ADN mitocondrial de los dos restos óseos coincidía con el perfil mitocondrial de alguno de los familiares de los 43 normalistas. Un resultado positivo, como en este caso, implica que se debe calcular la probabilidad de coincidencia del azar de ese perfil mitocondrial entre la población mexicana. Un resultado negativo podría llevarnos, por ejemplo, a decir que ese resto óseo cuyo perfil de ADN mitocondrial no corresponde a ninguno de los familiares de los normalistas podría pertenecer a cualquier otra persona desaparecida de la población mexicana. Esto último se refuerza con los resultados de la investigación exhaustiva realizada en el basurero de Cocula.³⁶

Explica el EAAF que, en un contexto de caso cerrado, en el que hay una lista definida de personas a las que corresponden ciertas muestras biológicas (y sólo se requiera identificar a qué persona corresponde cada muestra, por ejemplo, un resto humano) la interpretación de los resultados cambia:

En un contexto de caso cerrado (por ejemplo, un accidente de avión con un listado claro de pasajeros que serían los únicos a encontrar en el sitio de recuperación de restos) y considerando que el laboratorio de Innsbruck estableció que las familias de los 43 normalistas desaparecidos tienen perfiles mitocondriales distintos entre sí, lo que permitiría claramente distinguir a cada uno de los 43 normalistas desaparecidos, este resultado podría tener un significado muy importante. No obstante, por el momento, nos encontramos ante un caso abierto, en donde los dos sitios de recuperación de restos (el alegado por PGR en río San Juan y el basurero de Cocula) son inciertos y problemáticos.³⁷

No se hizo difusión del resultado de este análisis en el caso *Ayotzinapa* al ser considerado únicamente como “posibilidad”. En un sistema de procuración de justicia en el que se busca probar con un grado de seguridad alto la verdad de las proposiciones, una conclusión con estas características no tiene cabida.

Lo anterior no implica que en otros casos el análisis de ADN mitocondrial no pueda aportar nada a la investigación para la determinación de la verdad de las proposiciones, sólo que su análisis y valoración debe hacerse

³⁶ *Ibidem*, p. 204.

³⁷ *Ibidem*, p. 203.

de manera particular al caso de estudio y atendiendo a lo que indique la estadística correspondiente.

3. *El cromosoma Y*

¿De dónde se deriva este ADN? Antonio Alonso argumenta que “hay una parte del genoma nuclear que es específico del varón, se trata del cromosoma Y... El cromosoma Y se transmite exclusivamente por vía paterna a la descendencia de varones de manera más o menos inalterada a lo largo de las generaciones”.³⁸

A diferencia entre el ADNmt (ADN mitocondrial), que es portado por ambos sexos, los cromosomas Y son portados sólo por los hombres, es decir, se heredan únicamente de varón a varón. Este tipo de perfiles de cromosomas Y son útiles para distinguir múltiples contribuyentes masculinos en una mezcla.³⁹

Como se había mencionado anteriormente, en el *caso Guatemala* también se realizó un análisis adicional al de ADN nuclear con el objetivo de ampliar los resultados. De las muestras enviadas al laboratorio se obtuvo ADN cromosoma Y, y los resultados fueron los siguientes:

El perito detalla que: I. Los resultados de cromosoma Y revelan la existencia igualmente de un perfil mezcla en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales confirmando la presencia de ADN de dos o más individuos del sexo masculino. II. En los perfiles mezcla obtenidos en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales se observan distintas proporciones de mezcla, aunque es posible observar en algunos (especialmente en la muestra HVMF dos) un perfil genético mayoritario que es compatible con el que poseen los sospechosos uno y dos (Juan y Felipe) no pudiéndose descartar que pertenezcan a éstos o a otros individuos relacionados por vía paterna. III. Igualmente se observa en algunos marcadores una serie de alelos en menor proporción que son compatibles con los que poseen los sospechosos tres y cuatro (Pedro y Rodolfo) no obstante, hay algunos marcadores que no evidencian presencia de mezcla si bien es cierto que esto podría deberse bien a que para ese marcador los donadores de la muestra coincidan o bien que se haya producido un fenómeno de “drop out” o pér-

³⁸ Alonso Alonso, Antonio, “Conceptos básicos de ADN forense”, Madrid, Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, Servicio de Biología, 2004, p. 1864. Disponible en: <https://criminalistica.mx/descargas/documentos/pdf/conceptbasicos.pdf>.

³⁹ Balding, David J. y Steele, Christopher D., *op. cit.*, p. 16.

dida alélica que es común en los casos de mezclas con gran desproporción en los perfiles mezcla.⁴⁰

La primera conclusión implica la participación de varios sujetos del sexo masculino en el delito en contra de Margarita. La limitación es que no señala exactamente cuántos perfiles de cromosoma Y fueron encontrados, dado que lo único con que se cuenta es con un “perfil mezcla”, es decir, que se presentan varios alelos en un mismo marcador genético, mas no se identifica cuáles corresponden a un mismo perfil y, en su caso, cuántos perfiles en total se tendrían.

De la segunda conclusión se puede desprender que los perfiles de ADN cromosoma Y se encuentran mezclados, pero hay un perfil genético mayoritario que corresponde con dos de los sospechosos (Felipe X y Juan X).

Por último, se señala que algunos marcadores también tienen alelos compatibles en menor proporción con los de los sospechosos Pedro X y Rodolfo X.

Es importante señalar que, en el caso de estudio, Juan X, Pedro X y Rodolfo X fueron condenados por el delito, se desconocen las razones en específico, si confesaron su participación o había más pruebas en su contra. Sólo el caso de Felipe X sigue el proceso en su contra, argumentándose su inocencia.

Dado que el análisis fue realizado por cromosoma Y, debe ser valorado de manera cuidadosa por las siguientes razones:

- 1) El análisis arroja un perfil cromosoma e incompleto, si bien mayoritariamente corresponde a Felipe X y Juan X, sigue siendo imperfecto.
- 2) El perfil cromosoma Y se hereda por la vía paterna de varón a varón únicamente; en el caso en concreto Felipe X y Juan X son familiares, tío y sobrino respectivamente, por lo que es indiscutible que sus perfiles de cromosoma Y van a coincidir. Esto es importante, ya que si efectivamente se ha probado la participación en el hecho de Juan X, la prueba de ADN cromosoma Y ya no tendría un peso epistémico o éste sería sumamente bajo a favor de la proposición “Felipe X cometió el delito de violación en contra de Margarita Y”. El peso epistémico recaería sobre otras pruebas en un ejercicio de ponderación.
- 3) Cuando se trata de poblaciones pequeñas, en donde la comunidad se compone mayoritariamente por familiares, el perfil cromosoma Y es poco útil, ya que habría muchos familiares con el mismo perfil de cromosoma Y.

⁴⁰ Sentencia 1, Tribunal X, p. 24.

La estadística también resulta importante en este tipo de análisis de cromosoma Y. Por cada alelo que se localice en el perfil, se tendría que calcular cuán probable es que una persona de la población X también tenga ese mismo marcador, ya que se trata de un caso abierto, es decir, cualquiera en la población pudo haber sido responsable del delito.

IV. BANCOS DE DATOS EN LABORATORIOS DE GENÉTICA FORENSE EN MÉXICO

Al iniciar este trabajo, en la etapa de la nebulosa, se investigaba sobre el estado del arte de los laboratorios de servicios periciales en México, dado que se consideró importante realizar una revisión sobre el número de laboratorios en genética forense y cuántos de ellos contaban con las certificaciones adecuadas de acuerdo con la International Organization for Standardization (ISO) que garantizaran un trabajo de laboratorio confiable.

Por lo menos en la Unión Europea, con la aprobación de la Decisión Marco 2009/905/JAI del Consejo de la Unión Europea sobre acreditación de prestadores de servicios forenses que llevan a cabo actividades de laboratorio, para la acreditación de los laboratorios en genética forense éstos tienen la obligación de someterse a procesos de evaluación de su competencia técnica para alcanzar y renovar periódicamente la acreditación bajo la norma ISO/IEC 17025.⁴¹ En México no existe ningún instrumento jurídico en el que se instruya de manera obligatoria que los laboratorios en genética forense deban estar acreditados bajo dicha norma, aunque sí es un factor que se puede tomar en cuenta al momento de valorar la prueba científica, a través de las preguntas al perito en genética forense, por lo que muchos laboratorios han tomado en serio esta acreditación.

En una búsqueda realizada vía Internet y telefónica, se identificaron los siguientes laboratorios en genética forense pertenecientes a dependencias públicas de gobierno:

⁴¹ Alonso, Antonio, “ADN y proceso penal en España. La labor de la Comisión Nacional para el uso Forense del ADN”, en Gómez Colomer, Juan-Luis (coord.), *La prueba de ADN en el proceso penal*, España, Tirant lo Blanch, 2014, p. 8.

TABLA 13. LABORATORIOS ACREDITADOS EN GENÉTICA FORENSE,
ACTUALIZACIÓN A ENERO DE 2019

<i>Institución pública</i>	<i>Laboratorio de genética forense</i>	<i>Normas que lo regulan</i>
Procuraduría General de la República	Laboratorio de Genética Forense de la Dirección General de Coordinación de Servicios Periciales de la PGR	Se realizó solicitud de información, sin respuesta a la fecha.
Coordinación General de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal	Laboratorio de Genética Forense	Oficialmente: sólo derecho positivo. Disponible en: http://www.pgdf.gob.mx/imagenes/Periciales/marco_juridico.pdf .
Instituto Jalisciense de Ciencias Forenses	Laboratorio de Genética	Se realizó solicitud de información, sin respuesta a la fecha.
Instituto de Criminalística y Servicios Periciales de la Procuraduría del Estado de Nuevo León	Laboratorio de Genética Forense	Se realizó solicitud de información, sin respuesta a la fecha.
Dirección de Servicios Periciales y Ciencias Forenses de la Fiscalía del Estado de Chihuahua.	Laboratorio de Genética Forense	Se realizó solicitud de información, sin respuesta a la fecha.
Dirección de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Querétaro	Departamento de Identificación Humana	Señala tener su propio manual operativo de genética forense, pero no se encuentra en línea. Llama la atención que tiene su Formato de calidad de los dictámenes y certificados periciales. Disponible en: http://www.pgjqueretaro.gob.mx/Conocenos/FormatoPericial2_W060-IE-FR-02-01(NUEVO%202011).pdf .
Instituto de Ciencias Forenses de la Fiscalía General del Estado de Puebla	Laboratorio de Genética Forense	ISO/IEC 17020, ISO/IEC17025 ICITAP (International Investigation and Training Program, US)
Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Guanajuato	Laboratorio de Genética Forense	ISO/IEC 17025 Acreditadora Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)

<i>Institución pública</i>	<i>Laboratorio de genética forense</i>	<i>Normas que lo regulan</i>
Escuela Militar de Graduados de Sanidad	Laboratorio de Genética Forense	ISO/IEC 17025 Acreditadora Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)
Instituto de Ciencias Forenses del Tribunal Superior de Justicia de la Ciudad de México	Laboratorio de Genética Forense	Inició su proceso de acreditación por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) en 2018, se desconoce a la fecha si la obtuvo.

FUENTE: elaboración propia.

De los diez laboratorios localizados, se confirmó que tres se encuentran acreditados como laboratorios de genética forense: el Instituto de Ciencias Forenses de la Fiscalía General del Estado de Puebla, los Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Guanajuato y la Escuela Militar de Graduados de Sanidad. Estos dos últimos han sido acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA),⁴² que es la única entidad que puede acreditar la norma ISO/IEC 17025 en el país. Hay otros dos laboratorios en genética forense acreditados con esta norma, según la página oficial de EMA, sin embargo, no se han logrado identificar con exactitud las instituciones.⁴³

Lo anterior no quiere decir que no se practiquen pruebas en genética forense en otros laboratorios forenses de las procuradurías o fiscalías generales estatales en México. Muchos de los análisis en genética forense se realizan dentro de los laboratorios en química forense, que también deberían contar con las acreditaciones correspondientes.

En los casos en que definitivamente algún estado de la República no cuente con servicios periciales que ofrezcan el servicio de pruebas en genética forense, se suele recurrir al apoyo de otras dependencias públicas que cuenten con el servicio o, en su caso, a la contratación de laboratorios privados, con costo para el mismo estado o el usuario en particular.

En cuanto al manejo de bancos y bases de datos para recabar perfiles genéticos, en México se trata de una tarea en trámite.

⁴² La Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. (en lo sucesivo EMA) es una asociación civil, constituida en los términos del Código Civil para el Distrito Federal en Materia Común, y para toda la República en Materia Federal. Disponible en: http://www.ema.org.mx/portal_v3/.

⁴³ Información extraída de la página de EMA el 26 de enero de 2019. Disponible en: http://consultaema.mx:75/Directorio_CF/Principal.aspx.

La diferencia entre “bancos” y “bases” de datos con información genética es la siguiente:

En los bancos de datos se almacenan los perfiles genéticos individuales de personas relacionadas con actos delictivos, mientras que en las bases se guarda información genética poblacional útil para interpretar estadísticamente los resultados. Los bancos de datos son útiles en la resolución de casos policiales y en la identificación de víctimas.⁴⁴

En este sentido, para esta investigación es de interés lo relativo a los bancos de perfiles genéticos, dado que nos interesa el análisis de perfiles genéticos con el fin de contribuir a la investigación criminal de un hecho delictivo.

De acuerdo con una investigación realizada por *Animal Político*⁴⁵ en 2002, en México se inició la creación de un Banco Nacional de Datos Genéticos por parte de la Procuraduría General de la República (PGR). A junio de 2014 contaba con 25,884 muestras de ADN

...provenientes de cadáveres de personas no identificadas, así como de familiares de desaparecidos, e incluso de delincuentes, que sirven para la identificación humana en casos de tráfico de personas, desaparición, así como, eventualmente, en casos de violaciones y hasta paternidades en disputa... Ese banco genético, sin embargo, sólo ha permitido concretar 542 identificaciones, o *hits* genéticos; esto quiere decir que sólo 2% de los cruces genéticos realizados, en estos 12 años, ha tenido éxito.⁴⁶

Por otra parte, a partir de la publicación de la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema de Búsqueda de Personas,⁴⁷ se inició la labor de construcción del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas, de la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas y del Banco Nacional de Datos Forenses,

⁴⁴ Mestres Naval, Francisco y Vives-Rego, Josep, “Bancos y bases de datos genéticos para usos forenses”, *Poder Judicial*, núm. 89, 2009, p. 239. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/233331642>.

⁴⁵ Publicación digital independiente nacida en México en 2010, centrada en la información política del país. Disponible en: <https://www.animalpolitico.com>, consultado el 5 de agosto de 2018.

⁴⁶ Rea, Daniela y Martínez, Paris, “El banco genético para identificar a desaparecidos sólo ha tenido 2% de éxito” *Animal Político*, 5 de junio de 2014. Disponible en: <https://www.animalpolitico.com/2014/06/el-banco-genetico-para-identificar-desaparecidos-solo-ha-tenido-2-de-exito/>.

⁴⁷ Nueva Ley publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 17 de noviembre de 2017, http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGMDFP_171117.pdf.

este último definido por la propia ley como “la herramienta del Sistema Nacional que concentra las *bases* de datos de las entidades federativas y de la Federación, así como, otras bases de datos que tengan información forense relevante para la búsqueda e identificación de personas desaparecidas y no localizadas”.⁴⁸

Cabe señalar que la Ley mencionada en el párrafo anterior utiliza los términos “banco” y “bases” de manera indistinta. Independientemente de esta observación, el título “Banco Nacional de Datos Forense” es correcto, pues contribuye a la identificación de personas víctimas de delitos como desaparición forzada y no es para uso general en investigaciones poblacionales.

Si bien el 21 de junio de 2018 se publicó la sede de la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas,⁴⁹ no existe información pública sobre el proceso de creación del Banco Nacional de Datos Forenses.

Tanto la creación del Banco Nacional de Datos Genéticos de la PGR como la del Banco Nacional de Datos Forenses de la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas constituyen un avance en materia de genética. Se considera que ambos bancos deberían compartir información para facilitar el análisis de perfiles de ADN, de lo contrario se obstruye la impartición de justicia de manera eficaz.

A nivel internacional también existen “bases” o “bancos” de datos genéticos; uno de los más importantes es el de INTERPOL,⁵⁰ que lo creó para dar respuesta a la necesidad de sus países miembros de intercambiar y comparar perfiles de ADN:

La policía de los países miembros puede enviar a la base de datos automatizada de INTERPOL sobre ADN un perfil de ADN de los delincuentes, muestras biológicas obtenidas del lugar del delito, personas desaparecidas y de cadáveres no identificados. El resultado de la búsqueda en la base de datos se proporciona en 15 minutos.

⁴⁸ *Ibidem*, p. 2.

⁴⁹ “Lista la sede de la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas”, *Once Noticias*, 21 de junio de 2018. Disponible en: <https://oncenoticias.tv/nota/dan-a-conocer-domicilio-de-la-comision-nacional-de-busqueda-de-personas>.

⁵⁰ OIPC-INTERPOL, las siglas oficiales OIPC corresponden a “Organización Internacional de Policía Criminal”. La palabra “INTERPOL” es una contracción de la expresión inglesa “*international police*” (policía internacional) y fue escogida en 1946 como dirección telegráfica. Actualmente cuenta con 192 países miembros cuyo objetivo es trabajar juntos para luchar contra el crimen internacional, apoyando tres programas principales de delincuencia: contraterroismo, cibercrimen y crimen organizado y emergente. Sitio *web* disponible en: <https://www.interpol.int/es>.

Conocida como la puerta de ADN, la base de datos se inició en 2002. En diciembre de 2017, contenía más de 173,000 perfiles de ADN aportados por más de 84 países miembros.

Los países participantes utilizan activamente la pasarela de ADN como herramienta en sus investigaciones penales, y detecta periódicamente posibles vínculos entre los perfiles de ADN presentados por los países miembros.

Los países miembros pueden acceder a la base de datos a través del sistema mundial de comunicación policial I-24/7 de la organización y, previa solicitud, el acceso puede extenderse más allá de las oficinas centrales nacionales de los países miembros a los centros y laboratorios forenses.⁵¹

México, como país miembro de INTERPOL desde 1956,⁵² tiene acceso a esta base de datos genéticos; sin embargo, a la fecha no existen antecedentes de *hits* genéticos.⁵³

Para el tratamiento de bases o bancos de datos genéticos, es necesario el uso de *software* especializado, uno de los más importantes es el Combined DNA Index System (CODIS):

El Combined DNA Index System, o CODIS, combina la ciencia forense y la tecnología informática en una herramienta para asociar los delitos violentos. Permite a los laboratorios forenses federales, estatales y locales intercambiar y comparar electrónicamente perfiles de ADN, vinculando así los delitos violentos en serie entre sí y con delincuentes conocidos. Utilizando el Sistema Nacional de Índices de ADN del CODIS, la base de datos nacional sobre ADN de personas desaparecidas también ayuda a identificar a las personas desaparecidas y no identificadas.

CODIS genera pistas de investigación en casos en los que se recuperan pruebas biológicas de la escena del crimen. Las coincidencias realizadas entre los perfiles del índice forense pueden vincular las escenas del crimen, posiblemente identificando a los asesinos en serie. Sobre la base de una coincidencia, la policía de múltiples jurisdicciones puede coordinar sus respectivas investigaciones y compartir las pistas que desarrollaron de manera independiente. Las coincidencias entre los índices forenses y de delincuentes proporcionan a los investigadores la identidad de los presuntos autores. Dado que los nombres y otra información de identificación personal no se almacenan en el NDIS, los analistas de ADN cualificados de los laboratorios que comparten

⁵¹ Disponible en: <https://www.interpol.int/es/INTERPOL-expertise/Forensics/DNA>. La traducción es mía.

⁵² Disponible en: <https://www.interpol.int/es/Paises-miembros/Américas/México>.

⁵³ Se suele utilizar la expresión “*hits* genéticos” cuando ocurren coincidencias entre perfiles genéticos en una investigación criminal.

perfiles de coincidencia se ponen en contacto entre sí para confirmar la coincidencia del candidato.

El CODIS del laboratorio del FBI comenzó como un proyecto piloto de *software* en 1990, sirviendo a 14 laboratorios estatales y locales. La Ley de Identificación de ADN de 1994 formalizó la autoridad del FBI para establecer un Sistema Nacional de Índice de ADN (NDIS) con fines policiales. En la actualidad, más de 190 laboratorios públicos de aplicación de la ley participan en el NDIS en todo Estados Unidos. A nivel internacional, más de 90 laboratorios policiales en más de 50 países utilizan el *software* CODIS para sus propias iniciativas de bases de datos.⁵⁴

El uso de CODIS es frecuente en los laboratorios de genética forense en México para el tratamiento de bancos y bases de datos genéticos.

V. ESCENARIOS EN LOS QUE ES POSIBLE REALIZAR ANÁLISIS DE ADN

En la investigación criminal en materia penal existen diversos escenarios en los cuales podría ser posible solicitar análisis de ADN para la identificación de perfiles genéticos. En la *Guía práctica no. 2 para jueces, abogados, científicos forenses y testigos expertos*, elaborada bajo los esfuerzos del Royal Statistical Society's Working Group on Statistics and the Law se señala lo siguiente:

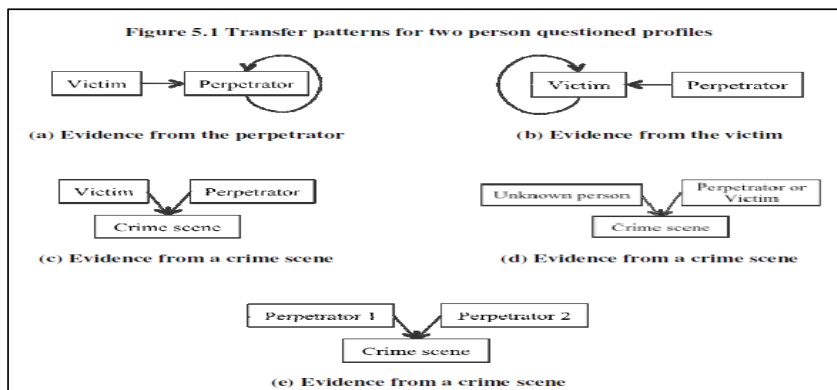
En situaciones en las que sólo hay un donante potencial de ADN, las transferencias de material genético pueden ocurrir del perpetrador a la víctima o al lugar de los hechos, o de la víctima al perpetrador o al lugar de los hechos. Las posibles rutas de transferencia primaria se multiplican obviamente en escenarios que involucran a dos o más donantes potenciales.⁵⁵

Lo anterior se ilustra de la siguiente manera:

⁵⁴ Sitio *web* del FBI, sección Laboratory Services, "Combined DNA Index System (CODIS)". Disponible en: <https://www.fbi.gov/services/laboratory/biometric-analysis/codis>. La traducción es mía.

⁵⁵ Colin, Aitken *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA...*, *cit.*, p. 57. La traducción es mía.

ILUSTRACIÓN 73. PATRONES DE TRANSFERENCIA DE ADN EN DOS PERSONAS CON PERFILES CUESTIONADOS

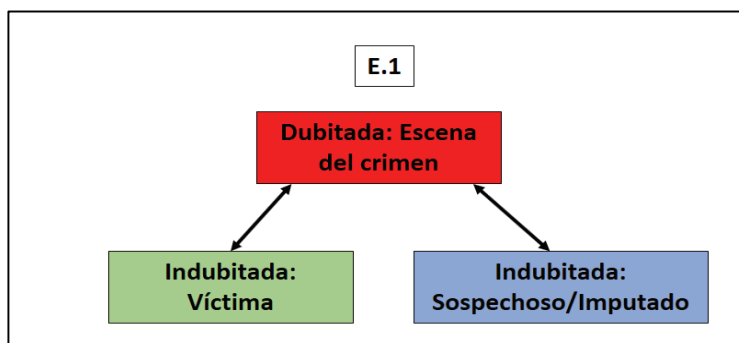


FUENTE: Puch-Solis, Roberto, *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 57.

A continuación, se ejemplifican estos escenarios más frecuentes, así como algunos otros posibles.

Escenario número 1 “Escena del crimen *vs.* víctima o escena del crimen *vs.* sospechoso”. Presenta dos posibles tipos de comparaciones entre muestras biológicas para la obtención de perfiles genéticos, como se observa en la siguiente ilustración.

ILUSTRACIÓN 74. ESCENARIO 1, PERFIL GENÉTICO OBTENIDO DE LA ESCENA DEL CRIMEN *VS.* PERFIL GENÉTICO DE LA VÍCTIMA O DEL SOSPECHOSO



FUENTE: elaboración propia.

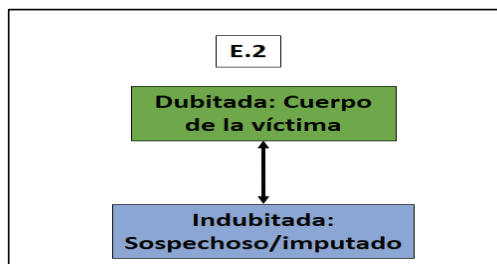
En una escena del crimen o lugar de la investigación (como se le conoce técnicamente), es posible recabar muestras de material biológico como sangre, saliva, semen, etcétera. Cuando se desconoce de quién proviene, se le llama dubitada. Lo que interesa responder en una investigación criminal es a quién corresponde dicho material biológico para determinar su probable participación en el hecho delictivo. Para responder lo anterior hay dos posibles alternativas: primera, que el material corresponda a la víctima; segundo, que corresponda al sospechoso o imputado del hecho. Dado que tanto la víctima como el sospechoso son identificables; al material biológico que se obtenga de ellos para realizar el análisis se le llama indubitable.

Lo anterior permite entonces tener dos posibles tipos de comparaciones: primera, las muestras biológicas obtenidas de la escena del crimen (dubitable) *versus* víctima (indubitable); y segundo, las muestras biológicas obtenidas de la escena del crimen (dubitable) *versus* las muestras del sospechoso (indubitables).

Por ejemplo, un caso hipotético en el que se encuentre un cadáver del sexo masculino en una casa habitación, con señales de tortura, algunos paquetes de droga, sangre seca en algunas paredes y pisos, etcétera. La sangre seca, dado que no se conoce a quién pertenece (dubitada), se puede volver objeto de análisis de ADN. Puesto que se investiga un hecho criminal, es altamente probable que pertenezca a la víctima o al imputado (indubitables), por lo que para el esclarecimiento de los hechos se requiere realizar el análisis de ADN y confrontar los perfiles genéticos que se obtengan.

Escenario número 2 “Cuerpo de la víctima *vs.* sospechoso”. Presenta un solo tipo de comparación entre muestras biológicas para el análisis de ADN, como se observa en la siguiente ilustración:

ILUSTRACIÓN 75. ESCENARIO 2, PERFIL GENÉTICO OBTENIDO
DE LA MUESTRA BIOLÓGICA RECABADA DEL CUERPO
DE LA VÍCTIMA *VS.* SOSPECHOSO



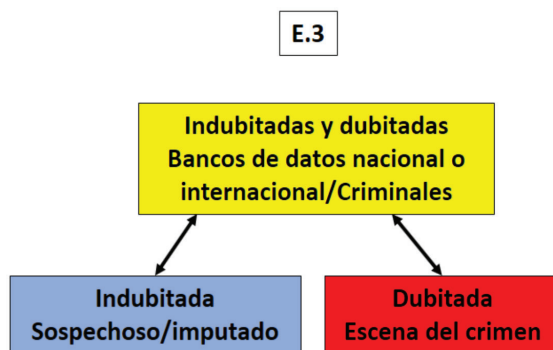
FUENTE: elaboración propia.

Cuando los expertos forenses llevan a cabo una observación minuciosa sobre el cuerpo de la víctima,⁵⁶ siguiendo la metodología ideal para cada caso concreto, es posible recabar muestras biológicas que posiblemente no pertenezcan a ésta, por lo tanto, su procedencia es dubitable y, de llevar a cabo un análisis de ADN, se podría obtener el perfil genético y compararlo con el del sospechoso (indubitable).

Por ejemplo, un médico o ginecólogo forenses, al observar el cuerpo de una posible⁵⁷ víctima de violación, del sexo femenino, encuentra semen en su cavidad vaginal; biológicamente el semen no puede pertenecer a ella, por lo que es altamente probable que pertenezca a su agresor, cuya identidad se desconoce (dubitada). Durante la investigación, en el momento en que se cuente con un sospechoso, la muestra biológica (semen) recabada de la cavidad vaginal de la víctima podría ser comparada con la del sospechoso, a efecto de descartar o corroborar su participación en el hecho delictivo.

Escenario número 3 “Perfiles genéticos (dubitables e indubitables) en bancos de datos *vs.* sospechoso o *vs.* escenas del crimen”. Presenta dos posibles tipos de comparación entre muestras biológicas para el análisis de ADN, como se observa en la siguiente ilustración:

ILUSTRACIÓN 76. ESCENARIO 3, PERFIL GENÉTICO
 OBTENIDO DE BANCOS DE DATOS *VERSUS* SOSPECHOSOS
 O ESCENA DEL CRIMEN



FUENTE: elaboración propia.

⁵⁶ Cuando se haga referencia a “cuerpo de la víctima” en esta investigación denotaré que puede ser con vida o sin vida.

⁵⁷ Se utiliza el término “posible” dado que en el derecho penal debe ser demostrado que efectivamente ocurrió el delito; mientras éste no se demuestre no podría referirme al o la denunciante como víctima, sino como “posible víctima del delito”.

En los bancos de datos se concentran los perfiles genéticos dubitados e indubitados relevantes para una investigación criminal. Los dubitados podrían provenir de dos fuentes: 1) haber sido recabados de escenas del crimen, o 2) haber sido recabados del cuerpo de una víctima cuya identidad se desconoce. En el caso de los indubitados, también pueden provenir de dos fuentes: 1) haber sido recabados de sujetos que han sido detenidos, investigados y probablemente sentenciados por haber cometido algún delito, o 2) haber sido recabados de familiares de víctimas cuyo paradero se desconoce.

Estos perfiles de ADN que se concentran en los bancos de datos podrían ser comparados con perfiles de sujetos sospechosos de haber cometido un delito. Por ejemplo, en un caso hipotético en el que se recabó material biológico del cuerpo de la víctima de violación, se logró obtener un perfil genético mas no se tiene en un primer momento un sujeto sospechoso, por lo que no queda más que guardar el perfil genético. Pasan los años, la víctima se encuentra nuevamente con el sujeto, lo señala como su violador, éste es detenido, se toma su muestra biológica para la obtención del perfil de ADN y se compara con la muestra biológica dubitada que había sido resguardada en el banco genético.

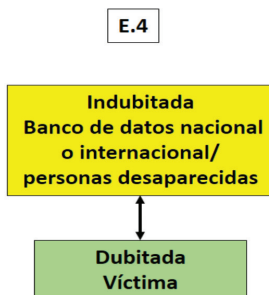
Los perfiles de ADN en bancos de datos también podrían ser comparados con perfiles recabados de escenas del crimen. Por ejemplo, en un caso hipotético de homicidio, se localiza un cadáver del sexo masculino con múltiples heridas de arma de fuego y junto al cuerpo se encuentran colillas de cigarro, éstas se analizan, se obtiene un perfil genético, se descarta que sea de la víctima, por lo que puede ser del sujeto responsable del delito. En el caso no se cuenta con un sospechoso, pero con el fin de realizar todos los actos investigativos necesarios, el Ministerio Público desea explorar si existe algún perfil genético coincidente con el perfil de ADN obtenido de las colillas de cigarro, por lo que se realiza la búsqueda de coincidencias con perfiles de ADN dubitados e indubitados del banco de datos.

De encontrarse coincidencias entre el perfil de ADN de las colillas de cigarro recabadas de la escena del crimen y un perfil de ADN dubitado localizado en el banco de datos, podría concluirse que “El perfil de ADN localizado en la escena del crimen corresponde a un sujeto que ha participado en otros hechos delictivos, pero se desconoce su identidad”. Por otra parte, de encontrarse coincidencia entre el perfil de ADN localizado de la escena del crimen y un perfil indubitado del banco de datos, podría concluirse que “El perfil de ADN localizado en la escena del crimen coincide con X sujeto”. Esta conclusión permitiría definir el rumbo de la investigación.

Otra posible conclusión podría ser “No se encuentran coincidencias entre el perfil de ADN recabado de la escena del crimen y los localizados en el banco de datos”.

Escenario número 4 “Perfil genético indubitado del banco de datos *vs.* perfil genético de víctimas”. Presenta un posible tipo de comparación entre muestras biológicas para el análisis de ADN, como se observa en la siguiente ilustración:

ILUSTRACIÓN 77. ESCENARIO 4, PERFIL GENÉTICO OBTENIDO DE BANCOS DE DATOS *VS.* PERFIL GENÉTICO OBTENIDO DE VÍCTIMAS



FUENTE: elaboración propia.

Desafortunadamente, existen muchos casos de personas desaparecidas, tanto adultos como menores de edad. En este escenario se plantea la posibilidad de realizar análisis de perfiles de ADN entre un perfil genético indubitado localizado en un banco de datos *versus* un perfil genético recabado de una víctima, que podría ser por ejemplo un cadáver o una persona con vida, pero cuya identidad se desconozca.

En este escenario, los perfiles indubitados relevantes concentrados en el Banco Nacional de Datos Genéticos podrían ser de dos tipos: 1) directamente de la persona desaparecida, si la familia contaba con material genético de la persona y lo donó al banco de datos, y 2) de familiares de la persona desaparecida; en este caso el perfil de ADN que se obtenga se analiza de acuerdo con el posible parentesco biológico con la víctima.

Ejemplo número 1. Se localiza un cadáver en estado de descomposición avanzado, por lo que no es posible identificarlo mediante sus características físicas. Se toman muestras biológicas para obtener su perfil genético y compararlo con los perfiles indubitados existentes en el banco de datos.

Ejemplo número 2. Se localiza un menor de edad víctima de trata de personas, presenta daño psicológico y se desconoce su identidad, por lo que

se toma una muestra biológica para obtener su ADN y compararlo con los perfiles indubitados existentes en el banco de datos.

En ambos ejemplos las conclusiones podrían ser: 1) “El perfil de ADN de la víctima corresponde con el perfil biológico de X persona localizado en el banco de datos genéticos”; 2) “El perfil biológico de la víctima presenta un parentesco biológico con el perfil de ADN de X persona”, y 3) “No existen coincidencias entre el perfil de ADN de la víctima con los perfiles de ADN concentrados en el banco de datos genéticos”.

En la siguiente tabla se resumen los escenarios vistos con sus posibles tipos de comparación de perfiles de ADN.

TABLA 14. RESUMEN DE ESCENARIOS
Y POSIBLES COMPARATIVAS

<i>Escenario</i>	<i>Muestra biológica</i>		<i>Muestra biológica</i>
	<i>Dubitada/escena del crimen</i>	vs	<i>Indubitada/sospechoso</i>
Escenario 1, perfil genético obtenido de la escena del crimen <i>vs.</i> perfil genético de la víctima o del sospechoso.	Pregunta clave: ¿El perfil de ADN obtenido de la muestra biológica recabada de la escena del crimen pertenece al sospechoso? Nota: Uno de los errores más frecuentes que suelen ocurrir en este tipo de escenario es que los operadores jurídicos infieran que por el hecho de encontrarse material genético con el perfil genético del sospechoso en la escena del crimen, éste haya cometido el delito; sin embargo, esto es un error, pues lo único que se podría inferir, de ser verdadera la proposición “se encontró material genético correspondiente con el perfil genético del sospechoso en la escena del crimen”, es “El sospechoso estuvo presente en la escena del crimen”, a menos que exista una proposición en contra que haga suponer que el sospechoso no estuvo en la escena del crimen, por lo que es plausible que su muestra biológica recabada hubiera sido sembrada o transferida, ambos casos implican la contaminación de la escena, mientras que el primero es voluntario, el segundo se genera de manera involuntaria.		
	<i>Dubitada/escena del crimen</i>	<i>vs.</i>	<i>Indubitada/víctima</i>
	Pregunta clave: ¿El perfil de ADN obtenido de la muestra biológica recabada de la escena del crimen pertenece a la víctima?		
Escenario 2, perfil genético obtenido de la muestra biológica recabada del cuerpo de la víctima <i>vs.</i> sospechoso.	<i>Dubitada/cuerpo de la víctima</i>	<i>vs.</i>	<i>Indubitada/sospechoso</i>
	Pregunta clave: ¿El perfil de ADN obtenido de la muestra biológica recabada del cuerpo de la víctima pertenece al sospechoso?		

<i>Escenario</i>	<i>Muestra biológica</i>		<i>Muestra biológica</i>
Escenario 3, perfil genético obtenido de bancos de datos <i>vs.</i> sospechosos o escena del crimen.	<i>Indubitada/banco de datos genéticos</i>	<i>vs.</i>	<i>Dubitada/escena del crimen</i>
	Pregunta clave: ¿Existe alguna coincidencia entre el perfil de ADN obtenido de la muestra biológica recabada de la escena del crimen y aquellos perfiles de ADN indubitables localizados en el banco de datos genéticos?		
	<i>Dubitada/banco de datos genéticos</i>	<i>vs.</i>	<i>Indubitada/sospechoso</i>
Escenario 4, perfil genético obtenido de bancos de datos <i>vs.</i> perfil genético obtenido de víctimas.	Pregunta clave: ¿Existe alguna coincidencia entre el perfil de ADN obtenido de la muestra biológica recabada del sospechoso y aquellos perfiles de ADN dubitables localizados en el banco de datos genéticos?		
	<i>Indubitada/banco de datos genéticos</i>	<i>vs.</i>	<i>Dubitada/víctima</i>
	Pregunta clave: ¿Existe alguna coincidencia entre los perfiles de ADN indubitables del banco de datos genéticos y el perfil de ADN dubitado de la víctima?		

FUENTE: elaboración propia.

En la tabla anterior es posible observar el escenario, los tipos de confrontas posibles entre los perfiles genéticos obtenidos de muestras biológicas, así como una pregunta clave para esclarecer lo que se busca en cada escenario. Cabe señalar que las preguntas clave podrían ser más específicas cuando se aplicaran a casos concretos.

VI. LAS FASES DE ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE PERFILES DE ADN (PRUEBA DE ADN)

A continuación, se describen de manera general las fases para la elaboración del análisis de perfiles de ADN con el objetivo de ilustrar, posteriormente, cuáles son las zonas críticas (fases en las que podrían ocurrir errores que lleven a un resultado incorrecto o a una mala interpretación del análisis que genere como consecuencia una valoración incorrecta por parte del juez).

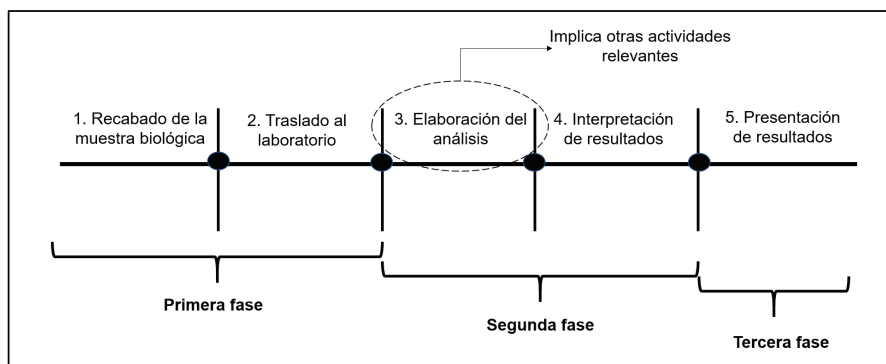
En la investigación criminal⁵⁸ es posible dividir las fases de elaboración de la prueba de ADN en dos grandes etapas: la primera corresponde a la

⁵⁸ Es importante señalar que las fases para la elaboración de la prueba en genética forense cambiarían, por lo menos en cuanto hace a la primera etapa, si no se tratara de investigación criminal. Por ejemplo, si se hablara de la determinación del parentesco biológico

actividad que comprende desde la recolección del material, o muestra biológica, en una escena del crimen o sobre el cuerpo de la víctima, hasta su remisión al laboratorio en genética forense, es decir, es la actividad previa al trabajo de laboratorio o de gabinete, como también se le conoce. La segunda etapa comprende toda la actividad que se sigue en el laboratorio para el análisis de las muestras biológicas. Una tercera fase correspondería a la presentación de resultados; si bien esta fase ya no forma parte del proceso de elaboración de la prueba, sigue siendo importante ya que es precisamente cuando ocurre la valoración de ésta, como se explicará más adelante.

A continuación, se ilustran las fases que se han señalado en el párrafo anterior.

ILUSTRACIÓN 78. FASES DE ELABORACIÓN DE LA PRUEBA DE ADN EN MATERIA PENAL



FUENTE: elaboración propia.

La primera fase no necesariamente recae sobre expertos en genética forense, sino en el personal criminalístico que acude a la escena del crimen o la policía con capacidades para procesar la escena.

Los primeros dos cortes sincrónicos corresponden a la primera fase del proceso de elaboración de la prueba, que también coincide con la fase de investigación inicial en un proceso penal.

en un caso en materia familiar, toda la actividad se realiza en laboratorio, por lo que no comprendería la etapa de recolección de la muestra biológica en una escena del crimen o en el cuerpo de la víctima.

1. *Recabado de la muestra biológica*

Algunos temas que comprende esta fase y que son relevantes para los operadores jurídicos son: *a)* el tipo de muestras biológicas que son aptas para análisis de ADN; *b)* la cantidad necesaria de muestra biológica para hacer posible el análisis; *c)* el seguimiento de protocolos para evitar la contaminación de la muestra, y *d)* el seguimiento y la trazabilidad de una cadena de custodia.

Con respecto al tipo de muestras biológicas aptas para realizar análisis de ADN, generalmente nos centramos en sangre, semen, saliva y cabello; sin embargo, existen muchas otras, como se observa en la siguiente tabla:

TABLA 15. MATERIALES BIOLÓGICOS, CÓMO AISLAR Y ANALIZAR EL ADN

<i>Materiales biológicos</i>	<i>Cómo aislar y analizar el ADN</i>
Sangre	La sangre puede encontrarse en forma de charcos, gotas, salpicaduras y manchas. Puede estar en forma de escamas, líquida o seca.
Hueso	Para el análisis de ADN se pueden utilizar muestras de huesos de cuerpos muy descompuestos.
Caspa	Algunos problemas dermatológicos producen cantidades excesivas de tejidos epidérmicos y del cuero cabelludo que pueden resultar adecuados para el análisis de ADN.
Cabello(s)	Las raíces del cabello y las células del cuero cabelludo que rodean a la raíz de un pelo arrancado contienen ADN. Un solo cabello arrancado puede contener material celular suficiente para proceder al análisis del ADN. Por el contrario, los pelos que caen naturalmente, como los que a menudo se encuentran en la ropa, no suelen contener suficiente material de ADN para su análisis. Resulta difícil evaluar la calidad de un cabello sin examinarlo con un microscopio; por consiguiente, se deben recoger todos los pelos presentes en el lugar del delito.
Tallo(s) piloso(s)	Los tallos pilosos no permiten llevar a cabo un análisis de STR estándar, si bien se puede realizar un análisis de ADN mitocondrial a partir de cabellos sin raíz.
Heces	Los métodos estándar de análisis de ADN no son adecuados para analizar las heces, a menos que estén mezcladas con sangre, aunque sí puede utilizarse el análisis de ADN mitocondrial.
Uñas	Se puede obtener un perfil de ADN tanto de las células de la piel y de la sangre alojadas bajo la uña, si la víctima ha arañado a su agresor, como de la propia uña, ya que ésta contiene una cantidad de ADN suficiente para proceder a su análisis.

<i>Materiales biológicos</i>	<i>Cómo aislar y analizar el ADN</i>
Huellas dactilares	Se puede obtener un perfil tomando una muestra del residuo que queda después de recoger una huella dactilar y examinándolo mediante la tecnología LCN.
Carne	Se pueden hallar fragmentos de carne cuando alguien está herido. Este tipo de muestra contiene grandes cantidades de ADN y es apta para su análisis.
Secreciones nasales o auriculares	Los pañuelos y los bastoncillos de algodón usados que contienen secreciones nasales o auriculares pueden ser una buena fuente de ADN.
Partes del cuerpo	En ocasiones se encuentran partes de cuerpos en el lugar del delito, a menudo en mal estado. Sin embargo, cabe la posibilidad de analizar su ADN.
Saliva	Las manchas de saliva pueden estar o no visibles. La saliva misma no contiene ADN, pero el ADN está presente en las células bucales que arrastra la saliva.
Semen	El semen se puede hallar en estado líquido (por ejemplo, en un preservativo) o en una mancha visible. También puede estar presente pero no visible, y en ese caso se debe presuponer su ubicación posible al decidir qué elementos se van a enviar al laboratorio. El semen líquido e incluso las manchas de semen muy pequeñas suelen contener muchos espermatozoides, cada uno de los cuales contiene ADN. Aun en el caso de que el semen no contenga espermatozoides puede albergar suficiente material celular para el análisis del ADN.
Células de la piel	Es posible que, a través del contacto con objetos, de su manipulación o de las prendas de vestir, el ADN de una persona se transfiera del donante al objeto o prenda. En ocasiones esto se denomina perfil de ADN de trazas de contacto. La probabilidad de hallar estos perfiles varía considerablemente en función de las circunstancias, pero se pueden tener en cuenta si se trata de objetos probatorios en casos graves.
Sudor	Se trata de una secreción líquida que no contiene material genético. En los casos en que los laboratorios han logrado obtener ADN de las manchas de sudor en la ropa, esto se ha atribuido a la presencia fortuita de células.
Orina	La orina puede contener células de la piel de la uretra, aunque es poco probable que haya suficientes células para analizar el ADN.
Flujo vaginal	El flujo vaginal contiene células de la piel de la vagina y es apto para el análisis de ADN.

FUENTE: INTERPOL, *Manual de INTERPOL sobre el intercambio y la utilización de datos relativos al ADN. Recomendaciones del grupo de expertos en ADN de INTERPOL*, 2a. ed., Lyon, 2009, p. 22.

Con relación en las posibles fuentes de donde es posible obtener las muestras biológicas durante la investigación criminal, INTERPOL ha señalado la siguiente lista (no exhaustiva):

TABLA 16. FUENTES DE ADN POTENCIALES

<i>Elemento de prueba</i>	<i>Posible ubicación del ADN en el elemento de prueba</i>	<i>Fuente de ADN</i>
Marca de mordisco	Piel o ropa	Saliva (células bucales)
Manta, almohada, sábana	Superficie	Sangre, caspa, pelo, saliva, semen, sudor, orina y/o flujo vaginal
Botella, lata, vaso	Laterales, embocadura	Huellas dactilares, saliva y/o sudor
Ropa sucia	Superficie	Sangre, caspa, pelo, saliva, semen y/o sudor
Picaporte (manija)	En el pomo o manilla	Huellas dactilares, piel y/o sudor
Gafas	Fragmentos de nariz u oreja, lente	Piel y/o sudor
Pañuelo de papel, bastoncillo de algodón	Superficie	Sangre, secreciones nasales o auriculares, semen y/o sudor
Uña	Bajo la uña o sobre ella	Sangre, carne y/o sudor
Gorro, bandana	Máscara interior	Caspa, pelo y/o sudor
Sello de correos	Lado adherido	Saliva
Cinta o ligaduras	Superficie interior/exterior	Huellas dactilares, piel y/o sudor
Bala extraída	Superficie exterior	Sangre y/o carne
Mondadientes (palillos)	Puntas	Saliva
Cigarrillo usado	Boquilla	Saliva
Preservativo usado	Superficie interior/exterior	Heces, células rectales, semen y/o flujo vaginal
Arma, por ejemplo, bate de béisbol, cuchillo, etcétera.	Mango, extremo	Sangre, huellas dactilares, carne y/o sudor

FUENTE: INTERPOL, *Manual de INTERPOL sobre el intercambio y la utilización de datos relativos al ADN. Recomendaciones del grupo de expertos en ADN de INTERPOL*, 2a. ed., Lyon, 2009, p. 24.

Acerca de la cantidad necesaria de la muestra biológica para hacer posible el análisis, existe un trabajo muy exhaustivo y claro titulado *Recomendaciones para la recogida y envío de muestras con fines de identificación genética*,⁵⁹ que fue desarrollado por el Grupo de Habla Española y Portuguesa de la International Society for Forensic Genetics (GHEP-ISFG).⁶⁰ En este trabajo se describe cómo deben recabarse las muestras de material biológico y en qué cantidades dependiendo el contexto, por ejemplo, si es en personas vivas, en personas que han recibido transfusiones de sangre o en cadáveres y si es recogida de muestras biológicas en el lugar de los hechos o la escena del crimen.

Por otra parte, en México se ha hecho un esfuerzo por proporcionar a las entidades periciales de este tipo materiales que les faciliten el trabajo forense. Uno de ellos es el *Protocolo para el tratamiento e identificación forense*⁶¹ utilizado por la Procuraduría General de la República (actual Fiscalía General de la República). Uno de los temas que aborda es la toma de muestras biológicas en cadáveres; no obstante, si bien describe brevemente el procedimiento para la toma de la muestra, no detalla las cantidades en que debe realizarse.

En cuanto al seguimiento de protocolos para evitar la contaminación de la muestra biológica, uno de los organismos que más ha trabajado el tema es el Forensic Science Regulator,⁶² que ha desarrollado innumerables protocolos vinculados con el tema. A continuación, se mencionan los más atinentes al problema que nos ocupa:

⁵⁹ Grupo Español y Portugués de la ISFG, *Recomendaciones para la recogida y envío de muestras con fines de identificación genética*, Madrid, 2000, pp. 1-43. Disponible en: <http://www.gep-isfg.org/archivos/201301/Recogida%20de%20evidencias.pdf>.

⁶⁰ El Grupo de Habla Española y Portuguesa de la ISFG (GHEP-ISFG) es una asociación civil de carácter científico integrada en la International Society for Forensic Genetics (ISFG), sin ánimo de lucro y que actúa con personalidad jurídica propia y plena capacidad de obrar para el cumplimiento de sus fines. Sitio web disponible en: <http://www.gep-isfg.org/es/>.

⁶¹ Disponible en: [http://www.pgr.gob.mx/que-es-la-pgr/PGR_Normateca_Sustantiva/protocolo%20para%20el%20tratamiento%20e%20identificación%20forense%20\(2\).pdf](http://www.pgr.gob.mx/que-es-la-pgr/PGR_Normateca_Sustantiva/protocolo%20para%20el%20tratamiento%20e%20identificación%20forense%20(2).pdf).

⁶² The Forensic Science Regulator se asegura de que la prestación de servicios de ciencia forense en todo el sistema de justicia penal en Reino Unido esté sujeta a un régimen apropiado de normas de calidad científica. Aunque es financiado por el Ministerio del Interior, el FCR es un organismo público que opera independientemente, en nombre del sistema de justicia penal en general. Esta independencia le permite hacer recomendaciones y tomar decisiones imparciales. Más información disponible en: <https://www.gov.uk/government/organisations/forensic-science-regulator>.

- 1) *Laboratory DNA: Anti-Contamination Guidance*.⁶³ Explica cómo controlar y evitar la contaminación en las actividades de laboratorio que implican la recuperación y el análisis de pruebas de ADN.
- 2) *DNA Contamination Detection*.⁶⁴ Establece los requisitos para preservar la integridad de la evidencia y las bases de datos de ADN forense al identificar y prevenir la adición de perfiles de ADN derivados como resultado de la contaminación de las personas involucradas en la cadena de proceso del ADN.
- 3) *Control and Avoidance of Contamination in Crime Scene Examination Involving DNA Evidence Recovery*.⁶⁵ Proporciona una guía sobre cómo controlar y evitar la contaminación del ADN durante la investigación de la escena del crimen. Incluye orientación sobre investigaciones de la escena del crimen donde los investigadores están involucrados en localizar, registrar, recuperar, empacar, almacenar y transportar evidencia, así como del secado y almacenamiento temporal de artículos.

Por su parte, en México, si bien en algunos instrumentos como el *Protocolo para la identificación forense* de la PGR hace referencia a algunas acciones a realizar para evitar la contaminación, no existen, por lo menos públicamente, protocolos específicos para evitar o detectar la contaminación de evidencia de carácter biológico.

Otro de los puntos importantes para los operadores jurídicos dentro de este primer corte sincrónico del proceso de elaboración de la prueba de ADN, relativo a la recolección de la muestra, es el seguimiento y la trazabilidad de una cadena de custodia.

En México, con la reforma en materia de seguridad y justicia de junio de 2008, este asunto se reforzó en la legislación. Actualmente se cuenta con una *Guía nacional de cadena de custodia*,⁶⁶ lo cual se considera un avance.

⁶³ Forensic Science Regulator, *Guidance: The control and Avoidance of Contamination in Laboratory Activities Involving DNA Evidence Recovery and Analysis*, Reino Unido, 2015, pp. 1-47. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/488617/208_FSR_lab_anti_contamination_Iss1.

⁶⁴ Forensic Science Regulator, *Codes of Practice and Conduct. Protocol: DNA Contamination Detection. The Management and Use of Staff Elimination DNA Databases*, Reino Unido, 2014, pp. 1-49. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/355995/DNAcontaminationDetection.pdf.

⁶⁵ Forensic Science Regulator, *Guidance: The Control and Avoidance of Contamination in Crime Scene Examination Involving DNA Evidence Recovery*, Reino Unido, 2016, pp.1-45. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/536827/FSR-anti-contamination.pdf.

⁶⁶ Conferencias nacionales conjuntas de procuración de justicia y de secretarios de seguridad pública, *Guía nacional de cadena de custodia*, México, 2015, pp.1-42. Disponible en:

2. *Traslado al laboratorio*

En la literatura revisada, es escasa o vaga la información sobre cómo deben trasladarse las muestras biológicas de una escena del crimen o del cuerpo de la víctima al laboratorio para su análisis.

Concretamente en el caso de México, existen las siguientes disposiciones que se refieren al tema:

1. Acuerdo A/009/15 por el que se establecen las directrices que deberán observar los servidores públicos que intervengan en materia de cadena de custodia. Capítulo IV, artículos décimo cuarto y décimo quinto:

Traslado de los indicios o elementos materiales probatorios... Décimo cuarto. La Policía Federal Ministerial trasladará los indicios o elementos materiales probatorios hacia los servicios periciales para su análisis correspondiente y a la bodega de indicios o a algún otro lugar en condiciones de preservación o conservación para su almacenamiento. En su caso, *esta actividad deberá realizarse atendiendo a las recomendaciones de los peritos*.

Décimo quinto. La Policía Federal Ministerial, en el traslado de los elementos materiales probatorios a la sede judicial para su incorporación en audiencia, deberá atender las recomendaciones establecidas por los peritos en el Registro de Cadena de Custodia, en términos de sus atribuciones.⁶⁷

2. *Protocolo para el tratamiento e identificación forense*, apartado 1.5.2. *Fluidos biológicos*: “Sangre, saliva o semen. Soportes maculados con estos indicios: *El traslado de estos soportes maculados debe ser a distancias cortas* para que, allí, se coloquen en áreas limpias y dejar secar a temperatura ambiente sin exposición directa a los rayos solares”.⁶⁸
3. *Guía nacional de cadena de custodia*, apartado “Procesamiento”.

El *Inventario y recomendaciones para el traslado de los indicios o elementos materiales probatorios*, se realiza por el perito o la policía con capacidades para procesar, previo al traslado, con el propósito de contabilizar y asegurar que los indicios o elementos materiales probatorios, estén documentados en el formato de Regis-

<http://www.secretariadodejecutivo.gob.mx/docs/pdfs/normateca/protocolos/VF10Gua.NacionalCadena-deustodia28-10-2015.pdf>

⁶⁷ Acuerdo disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5381699&fecha=12/02/2015.

⁶⁸ Protocolo disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/343413/Protocolo_para_el_Tratamiento_e_Identificaci_n_Forense.pdf p. 23.

tro de Cadena de custodia y en el Formato de entrega-recepción de indicios o elementos materiales probatorios.⁶⁹

Como es posible observar, en ninguna de los instrumentos mencionados se detalla cómo debe realizarse el traslado de las muestras biológicas, se ha preferido dejar esa decisión al perito o a los policías con capacidades para procesar.

Cuando se trata de actividades que conllevan la preservación de muestras biológicas para su análisis en un laboratorio, éstas se deben realizar bajo el más estricto rigor metodológico y científico, ya que de ello puede depender la determinación de la verdad en un hecho criminal.

Antes de cerrar la descripción de la primera fase de elaboración de la prueba de ADN, que comprende tanto la recolección como el traslado de muestras biológicas al laboratorio, es importante señalar que de cometerse errores en estas actividades habrá consecuencias irreparables para la elaboración de la prueba.

Los cortes sincrónicos tres y cuatro corresponden a la segunda fase del proceso de elaboración de la prueba. Se explican a continuación.

3. *Elaboración del análisis*

Esta actividad es exclusiva del *experto* profesional en genética forense. Los criterios establecidos para determinar cuándo un profesional es apto para realizar peritajes en genética forense son muy vagos; sin embargo, es posible basarse en el perfil que solicita el Instituto de Formación Profesional de la Procuraduría General de Justicia de la Ciudad de México para obtener una idea de cuándo podríamos considerar que el profesional “X” es experto en genética forense:

1) Tener título y cédula profesional en alguna de las siguientes licenciaturas: Biología, Químico Fármaco Biólogo, Químico, Químico Bacteriólogo Parasitólogo, Ingeniero Bioquímico, Ingeniero en Biotecnología, Biólogo Experimental, Investigación Biomédica o en Ciencias Genómicas. Se recomienda que el plan de estudios haya considerado módulos o asignaturas en biología molecular, genética molecular, bioquímica o estadística.

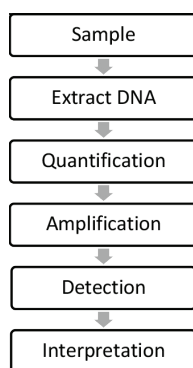
2) Acreditar, mediante constancia laboral oficial, tener experiencia mínima de 6 meses en alguna de las siguientes áreas: biología, químico fármaco

⁶⁹ Conferencias nacionales conjuntas de procuración de justicia y de secretarios de seguridad pública, *Guía nacional de cadena de custodia...*, cit., p. 24.

biólogo, químico, químico bacteriólogo, parasitólogo, ingeniero bioquímico, ingeniero en biotecnología, biólogo experimental, investigación biomédica o en ciencias genómicas.⁷⁰

A continuación, se presenta de manera resumida el proceso para obtener perfiles de ADN, con el objetivo de introducir a los operadores jurídicos en el tema.

ILUSTRACIÓN 79. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PERFILES DE ADN



FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 25.

1) *Sample* (muestra).

Examen de los elementos de prueba utilizando productos químicos y/o fuentes de luz para detectar la presencia de fluidos corporales. Los fluidos corporales como la sangre o el semen se pueden identificar presuntamente mediante técnicas bioquímicas, microscópicas o inmunológicas.⁷¹

- 2) *Extract DNA* (extracción del ADN). El ADN nuclear contenido en las muestras debe purificarse extrayéndolo de las células antes de cualquier análisis más extenso.⁷²
- 3) *Quantification* (cuantificación del ADN). Las tecnologías de generación de perfiles son sensibles a la cantidad de ADN analizado. Si hay poco o demasiado ADN presente en la muestra es probable que la

⁷⁰ Villavicencio Queijeiro, Alexa y Guardado Estrada, Mariano, *op. cit.*, p. 237.

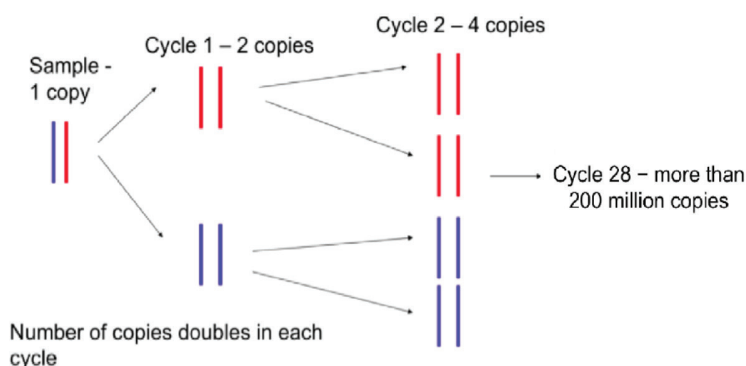
⁷¹ *Manual de INTERPOL sobre el intercambio y la utilización de datos relativos al ADN*, *cit.*, p.32.

⁷² Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA ...*, *cit.*, p. 25.

prueba falle. La cantidad de ADN extraído para garantizar que esté dentro del rango es de entre 150 picogramos y un nanogramo.⁷³

- 4) *Amplification* (amplificación). La cantidad de ADN extraída de una muestra forense es demasiado pequeña para ser detectada por el equipo y las técnicas de perfilado estándar, y por lo tanto necesita aumentarse a través de un proceso conocido como amplificación, a menudo denominado cadena de polimerasa reacción o PCR. En este paso, el ADN formado se duplica muchas veces.⁷⁴

ILUSTRACIÓN 80. DUPLICACIÓN DEL ADN DURANTE LA ETAPA DE AMPLIFICACIÓN



FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 26.

La cantidad de ADN disponible para las pruebas se duplica en cada ciclo de copiado... El sistema estándar actual del Reino Unido estipula 28 o 34 ciclos (NPIA, 2010). Durante la amplificación, los fragmentos de ADN también se etiquetan químicamente añadiendo un colorante reactivo a la luz que se puede detectar más adelante en el proceso.⁷⁵

- 5) *Detection* (detección). En la etapa de detección, cada muestra de ADN (ahora etiquetada) se transmite a través de un capilar por separado hasta que llegue a un láser, esto causa que las etiquetas químicas en

⁷³ *Idem.*

⁷⁴ *Idem.*

⁷⁵ *Ibidem*, p. 26.

los fragmentos de ADN sean fluorescentes. Estas emisiones de luz son detectadas por un escáner y grabadas por computadora.⁷⁶

- 6) *Interpretation* (interpretación técnica de los resultados). Finalmente, el *software* dedicado se utiliza para interpretar los datos generados por computadora. La intensidad y la posición de cada emisión de luz, que se muestran como un pico en un electroferograma (EPG), se compara con medidas estandarizadas de tamaño conocido y cantidad. Las alturas máximas (de los picos) se miden en unidades de fluorescencia relativas (rfu).⁷⁷

Los perfiles de ADN pueden emplear una variedad de equipos y configuraciones diferentes, que a su vez tienen sus propias pautas interpretativas particulares. Por ejemplo, aumentar el número de ciclos de amplificación de 28 a 34 ciclos afecta el comportamiento de la altura del pico en el perfil (del electroferograma). La lista de equipos y configuraciones usadas en un proceso específico para producir un perfil se conoce como un protocolo. Incluso en una gran parte automatizada del proceso tecnológico, el juicio humano —la habilidad y la experiencia del científico forense, aplicando procedimientos de laboratorio validados— entra en la práctica de un perfil exitoso e influye en la interpretación de sus resultados... Los perfiles de ADN forense consisten en colecciones de loci STR que se analizan juntas al mismo tiempo. Tales colecciones de loci se llaman multiplexes. Hay varios multiplexes disponibles de proveedores comerciales, cada uno de los cuales prueba un conjunto particular de loci.⁷⁸

Las siguientes imágenes ilustran lo señalado al respecto de la interpretación técnica de los resultados.

De la ilustración 81, es importante señalar que “Los loci (locus) son generalmente conocidos por sus abreviaturas, como se muestra en la [ilustración], en lugar de sus nombres químicos completos dado lo largos y complicados”,⁷⁹ y que mientras mayor sea el número de locus que me permita analizar el multiplex, mejor es para la obtención de perfil genético, esto tiene que ver con un asunto de probabilidad.

Ahora bien, en la ilustración 82 se señalaba previamente que a través de un electroferograma es posible visualizar los picos de intensidad y la posición en que se encuentra presente el locus, se ejemplifica en la ilustración.

⁷⁶ *Idem*.

⁷⁷ *Idem*.

⁷⁸ *Ibidem*, p. 27. El paréntesis es mío.

⁷⁹ *Ibidem*, p. 28.

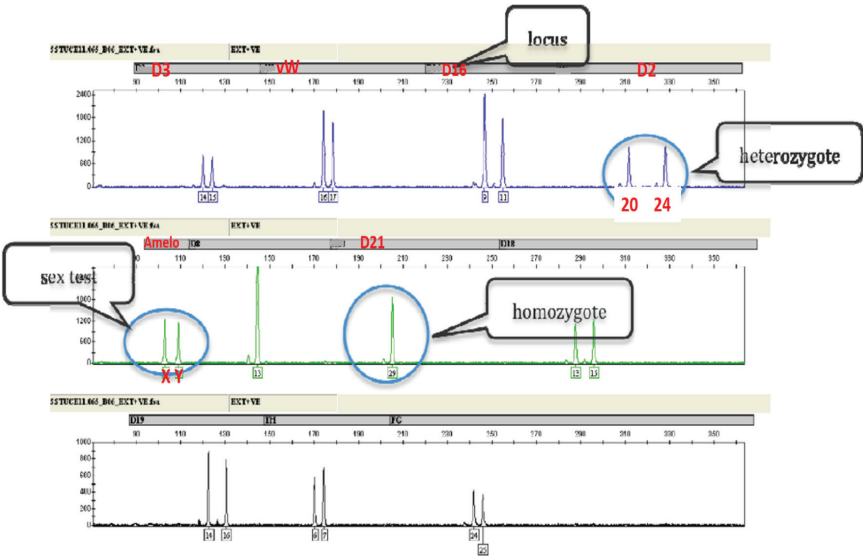
ILUSTRACIÓN 81. EJEMPLOS DE MÚLTIPLEXES

Locus	SGMPlus*	ESS**	ESI***	Identifiler	CofilerPlus
D3	•	•	•	•	•
vWA		•			
D16	•		•	•	
D2q	•		•	•	
D8	•	•	•	•	•
D21		•	•	•	
D18	•	•	•	•	•
D19	•		•	•	
TH01	•	•	•	•	•
FGA	•			•	
D1		•			
D2p		•	•		
D10		•	•		
D12		•	•		
D22		•	•		
D7				•	•
CSF1PO				•	
D13				•	•
TPOX				•	
D5				•	
Amelo	•	•	•	•	•

*Second Generation Multiplex Plus (Applied Biosystems); ** European Standard Set;
*** European Standard Identifier (Promega)

FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 27.

ILUSTRACIÓN 82. EPG O FAN SGMPLUS. PERFIL DE ADN
(10 LOCI + PRUEBA DE SEXO) DE UNA PERSONA



FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 28. La imagen ha sido modificada para esclarecer lo que se señala en la siguiente cita.

En cada locus multiplex hay uno o dos picos registrados, que corresponden a los alelos del donante en ese locus. En el locus D2, por ejemplo, hay dos picos (con valores de STR de 20 y 24, respectivamente), lo que significa que el donante es heterocigoto en el locus D2. Pero sólo hay un pico en el locus D21, con un valor de STR 29, por lo que el donante es homocigoto en este locus.

Todos los múltiplex actuales incluyen una prueba de sexo. El donante de este perfil de muestra debe ser masculino, ya que ambos cromosomas X e Y han sido detectados.

Como se señaló anteriormente, analizar muestras de ADN utilizando diferentes múltiplex y protocolos afecta la altura de los picos registrados por la EPG. Sin embargo, los principios resumidos en estos párrafos se aplican por igual a todos los múltiplex y protocolos.

Los datos contenidos en los perfiles de ADN forense pueden ser grabados convenientemente, informatizados, almacenados y buscados, como pares de números (correspondientes a los valores STR para alelos) para cada locus en el múltiplex.⁸⁰

ILUSTRACIÓN 83. SGMPLUS. PERFIL DE ADN DE UNA PERSONA

D3	vWA	D16	D2	AMELO	D8	D21	D18	D19	TH01	FG
14,15	16,17	9,11	20,24	X, Y	13,13	29,29	12,15	14,16	6, 7	24, 25

FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 29.

En la primera fila de la ilustración 83 se observan los once marcadores genéticos que se están analizando, en la segunda fila se ilustran las intensidades en que aparecen los alelos en el electroferograma: son dos cifras, una por la herencia paterna y otra por la materna. Así es como se vería representado un perfil de ADN nuclear, dubitado o indubitado, mismo que puede ser comparado con otros perfiles para determinar su correspondencia.

En el caso del ADN mitocondrial o cromosoma Y, sólo tendríamos una sola cifra en cada una de las columnas correspondientes a los marcadores genéticos, a menos que se tuvieran perfiles mezcla (dos o más perfiles genéticos) y apareciera más de un pico en cada marcador del electroferograma. Un ejemplo de esto sería lo ocurrido el análisis de cromosoma Y realizado en el caso *Guatemala*.

⁸⁰ *Ibidem*, p. 29.

4. Interpretación de los resultados con implicaciones jurídicas

Se ha optado por dividir la interpretación técnica —como parte del análisis duro del perfil genético descrito en el apartado anterior— de la interpretación de resultados con implicaciones jurídicas, que constituye la cuarta actividad del proceso general de elaboración de la prueba de ADN para la identificación de personas.

En esta interpretación ya se suele contar con al menos dos perfiles de ADN en estudio, uno dubitable (cuestionado) y uno indubitado, también conocido como “de referencia”. Los resultados del análisis comparativo entre los perfiles podrían ser los siguientes:

TABLA 17. POSIBLES RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ADN

<i>Perfiles de ADN analizados y comparados para la identificación de personas</i>	<i>Posibles resultados</i>
Indubitada (muestra de referencia) vs. Dubitada	1. Coincidencia completa entre los perfiles de ADN. – Cuando coinciden todos los locus del múltiplex utilizado.
	2. Coincidencia parcial entre los perfiles de ADN. – Cuando coinciden sólo algunos de los locus del multiplex utilizado.
	3. Existen alelos de más de dos perfiles de ADN. Puede implicar: a) Contaminación de la muestra. b) Participación de más de dos sujetos en el hecho. – Cuando aparecen más de tres picos en todos o en algunos de los locus del electroferograma.
	4. Los perfiles de ADN no coinciden. – Cuando ninguno de los locus coincide o las coincidencias son escasas.
	5. No fue posible realizar el análisis. – Cuando por alguna razón no se logró concretar el análisis, por ejemplo, que el ADN no se haya logrado amplificar.

FUENTE: elaboración propia.

Por ejemplo, en la ilustración 84 se muestran los resultados de un perfil de ADN de referencia y enseguida se presentan los resultados de un per-

fil de ADN *Full* o coincidente, donde las cifras de cada uno de los once locus analizados por el múltiplex coinciden con las del perfil de referencia. En cuanto al tercer perfil, *Partial* o parcial, sólo algunas cifras de los locus coinciden con las cifras del perfil de referencia. Por otra parte, el perfil *Mixed* o mixto presenta cifras que corresponden a la presencia de más de dos alelos, lo que implica que la muestra biológica analizada contiene una mezcla de más de dos o más perfiles de ADN. Por último, en el perfil *Different donor* muy pocas cifras coinciden con el perfil de referencia, por lo que la probabilidad de que correspondan a la misma persona es baja.

ILUSTRACIÓN 84. COMPARACIÓN DE REFERENCIA
Y PERFILES CUESTIONADOS

Locus	Type of Profile				
	1. Reference	2. Full	3. Partial	4. Mixed	5. Different donor
D3	14,15	14,15	14,15	14,15, 16	16,17
vWA	16,17	16,17	16,17	14,16, 17	16,19
D16	9,11	9,11	9	9,10,11,12	10,12
D2	20,24	20,24		20,24	20,20
Amelo	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y	X,Y
D8	13,13	13,13	13,13	13,14, 15	13,14
D21	29,29	29,29	29	29,30	29,29
D18	12,15	12,15		12,15	12,15
D19	14,16	14,16	14,16	14,16,20,22	15,15
TH01	6,7	6,7	6	6,7,9,3	6,7
FGA	24,25	24,25		24,25	24,25

FUENTE: Puch-Solis, Roberto *et al.*, *Assessing the Probative Value of DNA Evidence: Guidance for Judges, Lawyers, Forensic Scientists and Expert Witnesses*, Reino Unido, Royal Statistical Society, 2012, p. 32.

Conviene subrayar que en la ilustración 84 se muestran únicamente once locus que seguramente son los que alcanza a analizar el múltiplex con que se cuente en un laboratorio; sin embargo, mientras mayor sea el número de locus que se logren analizar, la probabilidad de alcanzar un resultado certero es mucho mayor.

De seguirse los protocolos adecuados en el laboratorio y contar con la acreditación ISO/IEC 17025, los operadores jurídicos no requeriríamos cuestionar las fases de esta etapa de elaboración del análisis; no obstante, dado que lo que ocurre dentro de los laboratorios forenses en México es

una caja negra y no se tiene certeza sobre las condiciones y metodologías de trabajo, se desconfía del resultado de sus análisis.

5. *Presentación de resultados*

Esta fase comprende dos actividades: la primera consiste en la elaboración y rendición del dictamen pericial, y la segunda en su desahogo en la audiencia de juicio oral.

A. *Elaboración y rendición del dictamen pericial*

En la legislación nacional no se encuentran estipuladas las formalidades que deben contener los dictámenes periciales, pero la mayoría de las dependencias de servicios periciales coinciden en elaborarlos con los siguientes elementos:

TABLA 18. ESTRUCTURA DEL DICTAMEN PERICIAL

<i>Estructura</i>	<i>Contenido</i>
Datos identificativos	Número de carpeta de investigación, departamento que elabora, folio, asunto, etcétera.
A quién va dirigido	Nombre de la autoridad que solicitó la pericial.
Planteamiento del problema	El objetivo del dictamen pericial en genética forense puede plantear los siguientes problemas, por ejemplo: 1. Determinar mediante la prueba en genética forense si el perfil genético de los restos óseos encontrados en “X lugar”, marcados con el número “Y”, corresponden o no con los de “Q”. 2. Determinar si la muestra biológica consistente en “Y”, encontrada en la escena del crimen ubicada en “X lugar” y marcada como indicio número “P”, corresponde con el perfil genético de “Q”.
Descripción de las muestras	Descripción del tipo de muestra(s) biológica(s) a comparar, dudosas e indubitables, así como dónde y cómo se recabaron e identificaron.
Metodología utilizada	Descripción de la metodología empleada para extraer el ADN, los métodos e instrumentos de laboratorio utilizados, y la metodología para el análisis de los resultados.
Resultados	Se presentan e interpretan los resultados, incluyendo cálculos estadísticos de probabilidad de coincidencia al azar, probabilidad de exclusión y probabilidad de error del análisis.

<i>Estructura</i>	<i>Contenido</i>
Conclusión (es)	Determinación de si el perfil biológico de las muestras: a) Coincide. b) Coincidencia parcialmente entre los perfiles genéticos. c) Se encontraron alelos correspondientes con más de dos perfiles genéticos. d) No coincide. e) No concluyente.
Firma del perito (s)	Nombre, firma y número de cédula profesional.
Anexos	Fotografías, tablas comparativas de genotipos.

FUENTE: elaboración propia.

Una de las instituciones que ha trabajado en que sus peritajes cumplan con todas las formalidades es la Dirección de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Querétaro (actual Fiscalía General de Justicia del Estado de Querétaro), incluso desarrolló un formato de calidad de los dictámenes y certificados periciales, en el cual a manera *check list* con respuestas dicotómicas se evaluaba si el peritaje cumplía con cada uno de los requisitos (véase la ilustración 85).

A continuación, se presentan algunas ilustraciones del peritaje en genética forense del *caso Guatemala*:

ILUSTRACIÓN 85. FORMATO DE CALIDAD DE LOS DICTÁMENES Y CERTIFICADOS PERICIALES DE LA PROCURADURÍA GENERAL DE JUSTICIA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

 DIRECCIÓN DE SERVICIOS PERICIALES Formato de calidad de los dictámenes y certificados periciales (APLICA PARA PERITAJES EMITIDOS A PARTIR DEL 01 DE ENERO DE 2011)			
1. Encabezado.			
1.1. Escudo del Estado de Querétaro, con la leyenda "Estado de Querétaro, Poder Ejecutivo".	☐ SÍ	☐ NO	
1.2. Logotipo oficial vigente del Gobierno del Estado.	☐ SÍ	☐ NO	
1.3. Leyendas oficiales	1.3.1. "Procuraduría General de Justicia"	☐ SÍ	☐ NO
	1.3.2. "Dirección de Servicios Periciales"	☐ SÍ	☐ NO
2. Referencia del Peritaje			
2.1. Número de expediente.	☐ SÍ	☐ NO	
2.2. Documento pericial emitido.	☐ SÍ	☐ NO	
2.3. No. de Dictamen.	☐ SÍ	☐ NO	
3. Fecha del Dictamen.	☐ SÍ	☐ NO	
4. Autoridad solicitante.	☐ SÍ	☐ NO	
5. Proemio.			
5.1. Fundamento legal.	☐ SÍ	☐ NO	
5.2. Datos de referencia del mandato.	5.2.1. Número de oficio.	☐ SÍ	☐ NO
	5.2.2. Fecha de oficio.	☐ SÍ	☐ NO
	5.2.3. Fecha de recepción.	☐ SÍ	☐ NO
	5.2.4. Hora de recepción.	☐ SÍ	☐ NO
	5.2.5. Lugar de recepción.	☐ SÍ	☐ NO
6. Tipo de documento.	☐ SÍ	☐ NO	
7. Antecedentes.	☐ SÍ	☐ NO	
8. Planteamiento del problema.	☐ SÍ	☐ NO	
9. Descripción de la persona, cosa o hecho a examinar.	☐ SÍ	☐ NO	
10. Metodología utilizada.	☐ SÍ	☐ NO	
11. Fundamentación de la Técnica.	☐ SÍ	☐ NO	
12. Operaciones practicadas.	☐ SÍ	☐ NO	
13. Resultados.	☐ SÍ	☐ NO	
14. Observaciones y/o consideraciones.	☐ SÍ	☐ NO	
15. Conclusiones.	☐ SÍ	☐ NO	
16. Firmas.			
16.1. Quien dictamina (obligatorio)	☐ SÍ	☐ NO	
16.2. Quien supervisa (opcional) y	☐ SÍ	☐ NO	
16.3. Quien remite (opcional)	☐ SÍ	☐ NO	
17. Nota de validez y reporte de omisiones.	☐ SÍ	☐ NO	
18. Pie de página.			
18.1. Número de formato pericial.	☐ SÍ	☐ NO	
18.2. Número de páginas.	☐ SÍ	☐ NO	
18.3. Logotipo autorizado de PGJ.	☐ SÍ	☐ NO	
Materia pericial.	BALÍSTICA		Dictamen No.
			Fecha de evaluación
Nombre y Firma de quien evalúa el Peritaje		FORMATO PERICIAL W060-IE-FR-02-01 PAGINA 1 DE 1	

FUENTE: disponible en: [http://www.pgjqueretaro.gob.mx/Conocenos/FormatoPericial2_W060-IE-FR-02-01\(NUEVO%202011\).pdf](http://www.pgjqueretaro.gob.mx/Conocenos/FormatoPericial2_W060-IE-FR-02-01(NUEVO%202011).pdf), 4 de mayo de 2016. Hipervínculo actualmente inhabilitado.

Ilustraciones 86-93. Peritaje del caso *Guatemala*. FUENTE: reservada.

ILUSTRACIÓN 86

25



LABORATORIO DE IDENTIFICACIÓN GENÉTICA
Departamento de Medicina Legal
Universidad de Granada
Facultad de Medicina
Avenida de Madrid, 11
18012 Granada (Spain)
Tel: 958 - 24 35 46
Fax: 958 - 24 61 07
e-mail: jforente@ugr.es

Página 1 de 8

INFORME DE CRIMINALÍSTICA
GU-C07/07 y GU-C09/07
Granada, 30 de Mayo de 2007

Datos de identificación del caso

FECHA: 20/03/07 y 17/04/07
Nº REGISTRO: GU-C07/07
PROCEDENCIA: Ministerio Público GUATEMALA
REFERENCIA: ADN-07-0016, RCD-07-04080 y [REDACTED]

Muestras biológicas (objeto de análisis)

1. MUESTRAS REMITIDAS:

Entregadas por empresa de paquetería y debidamente cerradas llegan las siguientes muestras identificadas como:

SOBRE A: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• 2 hisopos con secreción vaginal tomados a HERCILIA [REDACTED] (víctima)

SOBRE B: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• 2 hisopos con muestras de área vaginal tomados a HERCILIA [REDACTED] (víctima)

SOBRE C: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• 2 hisopos con muestras de área anal tomados a HERCILIA [REDACTED] (víctima)

SOBRE D: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Fragmentos de tela tomados de un vestido de color corinto

ILUSTRACIÓN 87



LABORATORIO DE IDENTIFICACIÓN GENÉTICA
Departamento de Medicina Legal
Universidad de Granada
Facultad de Medicina
Avenida de Madrid, 11
18012 Granada (Spain)
Tel: 958 - 24 35 46
Fax: 958 - 24 61 07
e-mail: jforente@ugr.es

Página 2 de 8

Objetivo del análisis

SOBRE E: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Muestra de sangre perteneciente a HERCILIA [REDACTED] (víctima)

SOBRE F: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Muestra de sangre perteneciente a BRANDY [REDACTED] (sospechoso)

SOBRE G: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Muestra de sangre perteneciente a DANILO [REDACTED] (sospechoso)

SOBRE H: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Muestra de sangre perteneciente a RANFERI [REDACTED] (sospechoso)

SOBRE I: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Muestra de sangre perteneciente a RANDOLFO [REDACTED] (sospechoso)

SOBRE J: IDENTIFICADO ADN-07-0016 y RCD-07-04080
• Muestra de sangre perteneciente a WILLIAN NERBIN [REDACTED] (sospechoso)

2. DETERMINACIONES SOLICITADAS:

Según el Acta de entrega de indicios que acompaña las muestras el objetivo del análisis es: "comparar el perfil genético obtenido de la sangre de cada uno de los sospechosos con el o los perfiles genéticos que se obtengan de las muestras de semen ubicadas en los hisopados y en el vestido".

ILUSTRACIÓN 88

LABORATORIO DE IDENTIFICACIÓN GENÉTICA
Departamento de Medicina Legal
Universidad de Granada

Facultad de Medicina
Avenida de Madrid, 11
18012 Granada (Spain)

Tél: 958 - 24 35 46
Fax: 958 - 24 61 07
e-mail: jbermejo@ugr.es

Página 3 de 8

Técnicas utilizadas

Resultados

3. INVESTIGACIONES REALIZADAS:

- Extracción con Proteínasa K seguida de purificación con Fenol-Cloroformo. Posteriormente el ADN obtenido es cuantificado.
- Técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) utilizando los kits comerciales Identifiler e Yfiler de Applied Biosystems.
- Electroforesis capilar en un analizador genético ABI 310

4. RESULTADOS:

En la tabla siguiente vienen representados los resultados de los marcadores de ADN estudiados. El resultado viene dado por dos alelos, que corresponden a la herencia genética que los padres biológicos transmiten a sus descendientes (un alelo procede del padre y otro de la madre).

4.1.- Resultados de STRs de ADN nuclear autosómico:

Identificación	D1S19Z8	vWA	FGA	AMEL	D2S177P	D7S1328	D7S1327	S-17-01
• CON DATOS VICE	15 17	16 17	20 20	X Y	14 14	20 20	13 14	12 12
• ALELOS VICE 1	15	16	17	20	14	20	13	12
• ALELOS VICE 2	17	16	20	X	14	20	14	12
• CON DATOS MADRE	15 16	16 18	20 21	X Y	14 16	20 20	13 14	11 11
• ALELOS MADRE 1	15	16	17	20	14	16	13	11
• ALELOS MADRE 2	16	18	21	X	16	20	14	11
• CON DATOS PADRE	15 16	17 17	21 23	X Y	14 16	20 20	13 14	11 11
• ALELOS PADRE 1	15	16	21	X	14	16	13	11
• ALELOS PADRE 2	16	17	23	Y	16	20	14	11
• CON DATOS NIÑO	15 16	16 17	20 21	X Y	13 14	21 21	12 12	11 12
• ALELOS NIÑO 1	15	16	20	X	13	21	12	11
• ALELOS NIÑO 2	16	17	21	Y	14	21	12	12
• CON DATOS NIÑO	15 17	16 17	20 21	X Y	14 14	20 20	13 14	12 12
• ALELOS NIÑO 1	15	16	20	X	14	20	13	12
• ALELOS NIÑO 2	17	17	21	Y	14	20	14	12

Muestras analizadas (claves) →

Marcadores genéticos (8)

Dos cifras por cada marcador (herencia del padre y de la madre)

ILUSTRACIÓN 89

LABORATORIO DE IDENTIFICACIÓN GENÉTICA
Departamento de Medicina Legal
Universidad de Granada

Facultad de Medicina
Avenida de Madrid, 11
18012 Granada (Spain)

☎ 958 - 24 35 46
Fax: 958 - 24 61 07
e-mail: forense@ugr.es

Página 4 de 8

Sequencia Index	D1S117	S2959	DMT1	D16S19	CPT220	TPOC	GM22208	S17018
GM-CDF07-VICI	9	12	10	12	7	8	9	12
GM-CDF07-SOEP-1	18	12	10	12	6	4	9	12
GM-CDF07-SOEP-2	9	12	10	12	6	4	9	12
GM-CDF07-MEN-5	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-3	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-4	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-5	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-6	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-7	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-8	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-9	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-10	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-11	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-12	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-13	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-14	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-15	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-16	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-17	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-18	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-19	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-20	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-21	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-22	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-23	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-24	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-25	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-26	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-27	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-28	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-29	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-30	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-31	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-32	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-33	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-34	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-35	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-36	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-37	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-38	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-39	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-40	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-41	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-42	10	12	10	12	7	7	10	12
GM-CDF07-SOEP-43	10	12						

ILUSTRACIÓN 90

LABORATORIO DE IDENTIFICACION GENETICA
 Departamento de Medicina Legal
 Universidad de Granada

Facultad de Medicina
 Avenida de Madrid, 11
 18012 Granada (Spain)

☎ 958 - 24 35 46
 Fax: 958 - 24 61 07
 e-mail: lorente@ugr.es

Página 5 de 8

GU-C07/07 HRAF	15 (13)	12 (12)	24	31 (27)	14, 17	13 (15)	15	17 (14)	12 (12)
----------------	---------	---------	----	---------	--------	---------	----	---------	---------

(I): Entre paréntesis alelos en menor proporción

Sample info	DYF13	DYF12	CSF1	DYF15	Y-SARA-17	DYF17	DYF16	D	Y-SARA
GU-C07/07 SOSP 1	10	12	24	14	12	14	11	20	
GU-C07/07 SOSP 2	10	12	24	14	12	14	11	20	
GU-C07/07 SOSP 3	10	11	22	11	12	14	9	19	
GU-C07/07 SOSP4 (=SOSP 4 C07/07)	10	11	22	11	12	14	9	19	
GU-C07/07 SOSP5 (=SOSP 5 C07/07)	10	14	22	14	12	14	11	21	
GU-C07/07 HRAF 1	10	12 (11)	24 (22)	14 (11)	12	14	11	20 (19)	
GU-C07/07 HRAF 2	10	12	24	14	12	14	11	20	
GU-C07/07 HRAF 3	10	12 (11)	24 (22)	14	12	14 (14)	11	20 (19)	

(I): Entre paréntesis alelos en menor proporción

GU-C07/07 VICTIMA: HERCILA ELIZABETH LOPEZ LOPEZ

GU-C07/07 HVFF-1: Fracción femenina de hisopos con secreción vaginal tomados a víctima

GU-C07/07 HVMF-1: Fracción masculina de hisopos con secreción vaginal tomados a víctima

GU-C07/07 HVFF-2: Fracción femenina de hisopos área vaginal tomados a víctima

GU-C07/07 HVMF-2: Fracción masculina de hisopos área vaginal tomados a víctima

GU-C07/07 HRAF: Fracción masculina de hisopos área anal tomados a víctima

GU-C07/07 Vestido: vestido de color corinto

GU-C07/07 SOSP-1: BRANDY LEVIN DE LEON ROBLES

GU-C07/07 SOSP-2: DANILO CANDELARIO DE LEON ROBLES

GU-C07/07 SOSP-3: RANFERI RODRIGO DE LEON MERIDA

GU-C09/07 SOSP4 (=SOSP 4 C07/07): RANDOLFO DE LEON MERIDA

GU-C09/07 SOSP5 (=SOSP 5 C07/07): WILLIAN NERBIN ROBLERO BARTOLON

5. CONCLUSIONES:

ILUSTRACIÓN 91

LABORATORIO DE IDENTIFICACION GENETICA
Departamento de Medicina Legal
Universidad de Granada

Facultad de Medicina
Avenida de Madrid, 11
18012 Granada (Spain)

958 - 24 35 46
Fax: 958 - 24 61 07
e-mail: lorente@ugr.es

5.1.- Conclusiones en base a los resultados de STRs de ADN autosómico:

- Los perfiles genéticos obtenidos en la muestra de vestido y en las fracciones femeninas de los hisopados vaginales y rectales son idénticos entre sí y coincidentes con el perfil genético de la víctima.
- Los perfiles genéticos obtenidos en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales son compatibles con un perfil mezcla de al menos dos personas al encontrarse 3 o más alelos para algunos marcadores.
- En los perfiles mezcla obtenidos en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales se observan distintas proporciones de mezcla, aunque es posible observar en algunos (especialmente en la muestra HVMF 2) un perfil genético mayoritario que no es compatible con ninguno de los sospechosos analizados.
- Igualmente se observa en algunos marcadores una serie de alelos en menor proporción que son compatibles con los que posee el sospechoso 3, no obstante, hay algunos marcadores que no evidencian presencia de mezcla si bien es cierto que esto podría deberse bien a que para ese marcador los donantes de la muestra coinciden o bien que se haya producido un fenómeno de "drop-out" o pérdida alélica que es común en los casos de mezclas con gran desproporción.

ILUSTRACIÓN 92

21

LABORATORIO DE IDENTIFICACION GENETICA
 Departamento de Medicina Legal
 Universidad de Granada



Facultad de Medicina
 Avenida de Madrid, 11
 18012 Granada (Spain)
 ☎ 958 - 24 35 46
 Fax: 958 - 24 61 07
 e-mail: lorente@ugr.es

5.2 - Conclusiones en base a los resultados de STRs de ADN de cromosoma Y:

Página 7 de 9

- Los resultados de cromosoma Y revelan la existencia igualmente de un perfil mezcla en la fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales confirmando la presencia de ADN de 2 o más individuos de sexo masculino.
- En los perfiles mezcla obtenidos en las fracciones masculinas de los hisopados vaginales y rectales se observan distintas proporciones de mezcla, aunque es posible observar en algunos (especialmente en la muestra HVMF 2) un perfil genético mayoritario que es compatible con el que poseen los sospechosos 1 y 2, no pudiéndose descartar que pertenezcan a ellos o a otros individuos relacionados por vía paterna.
- Igualmente se observa en algunos marcadores una serie de alelos en menor proporción que son compatibles con los que poseen los sospechosos 3 y 4, no obstante, hay algunos marcadores que no evidencian presencia de mezcla si bien es cierto que esto podría deberse bien a que para ese marcador los donantes de la muestra coinciden o bien que se haya producido un fenómeno de "drop-out" o pérdida alélica que es común en los casos de mezclas con gran desproporción en los perfiles mezcla.

ILUSTRACIÓN 93

Nombre y firma { **Fdo. Prof. Dr. José Antonio Lorente Acosta**

El Dr. José Antonio Lorente Acosta en su calidad de Director del Laboratorio de Identificación Genética del Departamento de Medicina Legal de la Universidad de Granada (España) RATIFICA, ANTE LAS AUTORIDADES JUDICIALES DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA, LA TOTALIDAD DE TERMINOS Y CONTENIDO DEL MISMO, lo anterior para los usos legales que al informe se le dé.

A partir de las ilustraciones 86 a 93 se puede concluir que:

- 1) No presentan todas las formalidades que debería tener un dictamen pericial, al menos, de acuerdo con las prácticas de las procuradurías o fiscalías mexicanas.

- 2) En cuanto a las cuestiones técnicas, los análisis realizados son limitados, tanto el de ADN nuclear como el de ADN cromosoma Y, dado que únicamente se consideraron ocho marcadores genéticos cuando los múltiplex (kits para análisis genéticos) permiten actualmente 21, aunque los más comunes logran analizar hasta 16 marcadores. Mientras mayor sea el número de marcadores genéticos que se analicen, más completo se vuelve el perfil de ADN, por lo que la probabilidad de que el perfil genético corresponda a una persona y no a otra es mayor.

Particularmente, los dictámenes en genética forense deben incluir un apartado en el que se expliquen los resultados sobre las probabilidades manejadas en el análisis.

En el nuevo sistema procesal acusatorio mexicano, es importante el dictamen pericial, pero resulta aún más importante el desahogo del peritaje a través del experto en la materia durante la audiencia de juicio oral, dado que el dictamen pericial escrito no llega a manos del juez de enjuiciamiento, como ocurría en el sistema procesal tradicional. En este sentido, lo único que va a valorar el juez es la información sobre el dictamen que se vierta durante el interrogatorio y contrainterrogatorio.

Que el juez de enjuiciamiento no tenga acceso al dictamen escrito puede ser considerado un obstáculo para la determinación de la verdad en el proceso.

B. Desahogo de la prueba en audiencia de juicio oral

El artículo 272 del Código Nacional de Procedimientos Penales (CNPP) establece que “Durante la investigación, el Ministerio Público o la Policía con conocimiento de éste, podrá disponer la práctica de los peritajes que sean necesarios para la investigación del hecho. *El dictamen escrito no exime al perito del deber de concurrir a declarar en la audiencia de juicio*”,⁸¹

Por lo anterior, de ser ofrecida la prueba de ADN por alguna de las partes en el proceso, ya sea Ministerio Público, asesor jurídico o defensa, el perito deberá comparecer en el día y hora en que le sean señalados, y su obligación es responder a las preguntas que le sean formuladas bajo protesta de decir verdad.

⁸¹ Código Nacional de Procedimientos Penales, México, artículo 272, 2014. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CNPP_170616.pdf.

Durante el desahogo las partes pueden solicitar en términos del artículo 136 del CNPP la presencia de un consultor técnico en genética forense, que los apoye con la formulación de preguntas al experto.

Cabe recordar que la información que se vierta durante el desahogo de la prueba y la dialógica argumentativa que se presente es lo que permitirá al juez construir el modelo mental sobre la confiabilidad de la prueba (véase la ilustración 6).

Si las partes (Ministerio Público, asesor jurídico y defensa) no realizan un correcto interrogatorio y contrainterrogatorio al perito, probablemente no se le proporcione al juez la información suficiente para valorar la prueba y ponderarla en el caso concreto. Por tal razón, es de suma importancia dotar al juez de las herramientas necesarias para evitar errores cuyas consecuencias sean irreparables.

Con esta actividad concluye la participación del experto en genética forense. Lo que viene a continuación consiste en la valoración de la prueba y la ponderación de las pruebas, actividades que recaen sobre el juez.

VII. POSIBLES ERRORES EN LA ELABORACIÓN DE LA PRUEBA
EN GENÉTICA FORENSE QUE DISMINUYEN
SU GRADO DE CONFIABILIDAD

A continuación, se señalan los posibles errores en cada una de las actividades del proceso de elaboración de la prueba de ADN.

TABLA 19. POSIBLES ERRORES A LO LARGO DEL PROCESO
DE ELABORACIÓN DE LA PRUEBA DE ADN

Recabado de la muestra biológica	Contaminación de la muestra: no uso o mal uso del material idóneo para evitar contaminar la muestra, por ejemplo, no cambiarse los guantes cuando se está trabajando con la recolección de distintas muestras biológicas o tocando objetos.
	Embalaje incorrecto: no utilizar el material adecuado para la preservación de la muestra a lo largo del tiempo.
Remisión al laboratorio	Llenado incorrecto de los datos de identificación de la muestra biológica.
	Pérdida de la cadena de custodia.

Elaboración del análisis	Muestra biológica insuficiente para realizar el análisis.
	Muestra biológica degradada.
	Técnica inapropiada para la extracción de ADN.
Interpretación de resultados	Cálculos estadísticos incorrectos: probabilidad de coincidencia al azar, razón de verosimilitud, etcétera.
	No considerar el margen de error de la técnica utilizada.
Presentación de resultados	Errores en el dictamen pericial por el uso de formatos antiguos o previamente llenados con información correspondiente a un análisis anterior.
	Interrogatorio y contrainterrogatorio mal ejecutados. Desconocimiento al responder las preguntas que se le formulen o nerviosismo.

FUENTE: elaboración propia.

VIII. LAS PROBABILIDADES UTILIZADAS EN LA PRUEBA DE ADN

Los perfiles de ADN tienen mucho poder de discriminación, dado que el ADN es individual para cada persona, a excepción de los gemelos idénticos; sin embargo, actualmente no es posible analizar la totalidad del ADN, por lo que sólo se analizan ciertos locus del cromosoma. Por lo anterior, es necesario realizar cálculos probabilísticos cuando se tienen perfiles coincidentes y así determinar la probabilidad de que en una población dada exista otra copia igual de ADN.

Derivado de que no es posible realizar un perfil de ADN por cada persona de la población en un país en particular, se utilizan estadísticas de muestreo, se extrapola el perfil de ADN de una pequeña base de datos (a veces menos de unos cientos de personas) a una población general. Por lo anterior, cuando hay una coincidencia entre perfiles de ADN se requiere una determinación de probabilidad: *la posibilidad de observar una segunda copia de ese perfil de ADN en una determinada población*. Existe debate en la literatura forense sobre cómo se debe derivar esa probabilidad. Sólo la palabra estadística puede introducir dificultades en cualquier prueba.⁸²

Moirá Taupin puntualiza un tema importante y que ya se ha tocado a lo largo de esta investigación: el resultado de la coincidencia estadística de los perfiles de ADN es independiente del *valor* probatorio que le asigna el

⁸² Moirá Taupin, Jane, *op. cit.*, pp. 91 y 92. La traducción es mía.

tribunal (juez) a la prueba. Para ejemplificar, presento un caso en el que en una sentencia, en Australia, el juez sólo contaba con la prueba de ADN y señala el cuidado que se debe tener en estas situaciones:

CASO 5.1 Significado de una coincidencia de perfil de ADN, Precaución

El juez dijo: “la coincidencia de ADN, si se demuestra más allá de toda duda razonable, no prueba que el acusado sea el delincuente”. La evidencia sólo falla en probar que él no es el delincuente. La única inferencia que puede extraerse de una coincidencia fuera de toda duda, junto con la frecuencia con que ocurre en la población, suponiendo que se acepte el porcentaje de ocurrencias, que no se cuestiona en este caso, es que era posible que se tratara de la persona que tuvo relaciones sexuales con el fallecido... si sólo hay pruebas de ADN y nada más que se acepte, no se puede condenar al acusado.⁸³

Esto demuestra la importancia de conectar correctamente las proposiciones *probandum* con los medios de prueba (como ha sido planteado en el capítulo II) y valorarla en función de su aportación y encuadre en el caso en particular. Sobre todo, hay que realizar una adecuada interpretación de los resultados estadísticos de la prueba, por ejemplo como se hizo en el caso del análisis de ADN mitocondrial realizado en el *caso Ayotzinapa*.

Otras observaciones importantes que hace Moira Taupin son las siguientes:

1) No es posible identificar a un individuo en particular como el donante del material genético a partir del cual se produjo el ADN. El ADN es esencialmente probabilístico. Incluso si el ADN es exclusivo de un individuo, más de una persona podría compartir el mismo perfil de ADN.

2) La probabilidad se refiere a la incertidumbre. Ha habido fallos sobre la admisibilidad, especialmente por parte del Tribunal de Apelaciones en los tribunales de justicia ingleses, donde se ha demostrado que el ADN es siempre una probabilidad irrelevante. Éstos han sido llamados “Familia Adams”⁸⁴ de apelaciones (Aitkien *et al.*, 2010).

3) Una idea errónea es que hay una respuesta exacta a la pregunta de la probabilidad de un perfil de ADN dado que proviene de alguien más que el

⁸³ *Ibidem*, p. 92. La traducción es mía.

⁸⁴ Dennis John Adams fue uno de los primeros casos en que la fiscalía se basó por completo en pruebas de ADN. Aparte del ADN, el resto de las pruebas en el caso (una no identificación de la defensa por parte de la víctima y la coartada del acusado, junto con la declaración de su novia) señalaban la inocencia del acusado. Lo más importante es que Adams fue el primer caso en el que se consideró la posibilidad del uso por parte del jurado del razonamiento científico, que involucra el teorema de Bayes. Véase Sallavaci, Oriola, *The Impact of Forensic Evidence on the Criminal...*, *cit.*, pp. 195-197.

acusado... Existe una creciente conciencia respecto de que toda la evidencia científica es probabilística y ninguna tecnología forense actual respalda la identificación única de individuos. El ADN es diferente sólo porque es explícito sobre la probabilidad.⁸⁵

Hay tres tipos de aplicaciones de la estadística que son usados en las pruebas forenses en general, no sólo en la prueba de ADN: 1) aplicación frecuentista; 2) *Likelihood ratio* (LR), y 3) aplicación bayesiana.⁸⁶

El enfoque bayesiano se basa en al menos tres ideas: (1) Es necesario considerar una proposición alternativa en cualquier evaluación de una probabilidad. (2) La interpretación científica se basa en “cuál es la probabilidad de la evidencia, dada la proposición”. (3) La interpretación también está “condicionada” en el marco de las circunstancias. El LR se obtiene del Teorema de Bayes.

Hasta ahora, el uso de LR y el teorema de Bayes en pruebas forenses distintas al ADN no ha sido favorecido en los tribunales. Es interesante observar que el enfoque bayesiano “completo” para la evaluación estadística se usa en algunos “sistemas informáticos expertos”. Un análisis bayesiano completo utiliza el peso de la evidencia en cuanto a la probabilidad posterior de que el sospechoso sea el donante de una mancha en particular. Tal enfoque requiere la especificación de probabilidades previas, o al menos una relación, lo que a su vez ha desanimado a muchos.⁸⁷

Tanto el teorema de Bayes como el cálculo del *likelihood ratio* implican la aplicación de ciertas fórmulas estadísticas “sofisticadas” para ser explicadas ante un tribunal, lo que se suma al concepto de “*random match probabilities*” (RMP) o probabilidad de coincidencia aleatoria. Esta última quizá sea la más sencilla, se calcula sobre la base de la frecuencia con la que los alelos analizados se producen dentro de una población específica. Dependiendo de la rareza del perfil de ADN, la probabilidad de coincidencia puede ser muy baja, a veces en el rango de uno en varios miles de millones.⁸⁸ Cabe recordar que para esto se analizan los loci que tengan mayor variación, ya que eso incrementa el poder de discriminación entre individuos.

En el caso del *likelihood ratio*, el planteamiento es diferente:

En los casos en los que el origen del ADN obtenido de la muestra de la escena del crimen está en controversia, es natural que el fiscal (Ministerio Público) y

⁸⁵ Moira Taupin, Jane, *op. cit.*, pp. 94 y 95. La traducción es mía.

⁸⁶ *Ibidem*, p. 95.

⁸⁷ *Ibidem*, p. 96. La traducción es mía.

⁸⁸ Sallavaci, Oriola, *op. cit.*, p. 148.

la defensa tengan puntos de vista opuestos. Mientras que la fiscalía invita al investigador a creer en la proposición de que “el ADN en la muestra de la escena del crimen proviene del acusado” la proposición de la defensa sería que “el ADN en la muestra de la escena del crimen proviene de alguna persona desconocida”.

Después de considerar todas las pruebas y las circunstancias del caso, los miembros del jurado tendrán que decidir en última instancia cuáles de estas proposiciones se consideran verdaderas. El papel del científico es ayudar al jurado a llegar a una decisión precisa y segura.⁸⁹

En este sentido, las preguntas que se abordan con el *likelihood ratio* son las siguientes:⁹⁰ 1) ¿cuál es la probabilidad de una coincidencia de ADN si la proposición de la acusación fuera cierta?, y 2) ¿cuál es la probabilidad de una coincidencia de ADN si la proposición de la defensa fuera cierta?

Oriola Sallavaci señala que, de las dos preguntas, la más problemática sería la segunda, ya que sería necesario evaluar la probabilidad de una coincidencia de ADN, si el ADN en la muestra de la escena del crimen hubiera venido de una persona desconocida, es decir, si la proposición de la defensa fuera cierta:⁹¹

Teniendo en cuenta el hecho de que las personas estrechamente relacionadas tienen más probabilidades de compartir el mismo perfil de ADN que las no relacionadas, el experto debe contar con toda la información posible para refinar la noción de persona no relacionada...

Si las circunstancias son tales que los familiares del acusado no son sospechosos, la pregunta que se tratará en relación con la defensa se convierte en “¿cuál es la probabilidad de una coincidencia de ADN si el ADN en la muestra de la escena del crimen proviene de una persona desconocida, no relacionada?” El demandado, al responder esta pregunta, la declaración más probable que formularían los científicos sería: “si el ADN en la muestra del crimen proviene de alguna persona desconocida que no está relacionada con el defendido, la posibilidad de un emparejamiento sería del orden de uno en un billón”.

El *likelihood ratio* expresaría cuánto más probable es obtener una coincidencia de ADN si la fuente es la persona desconocida (es decir, si la proposición de la defensa es verdadera). La razón de verosimilitud expresa, por lo tanto, la fuerza de la evidencia. Puede escribirse de la siguiente manera:

$$LR: P(E|PP) / P(E|DP)$$

⁸⁹ *Ibidem*, pp. 147 y 148. La traducción es mía.

⁹⁰ *Ibidem*, p. 147.

⁹¹ *Ibidem*, p. 148.

LR significa razón de verosimilitud, P significa probabilidad, E representa evidencia (obtener una coincidencia de ADN) y PP y DP son las proposiciones opuestas que se compararán (fiscal y defensa, respectivamente). Si el cociente de probabilidad es más de 1, la evidencia respalda la proposición de enjuiciamiento. Si la razón es menor que 1, entonces va en contra de esa proposición. Si la relación es exactamente 1, entonces la evidencia es neutral. La fuerza de la evidencia se mide por cuánto difiere la razón de verosimilitud de 1 en cualquier dirección.⁹²

En el siguiente apartado se verá por qué este tipo de cálculos probabilísticos son importantes, puntualizando los errores que se han cometido en algunos tribunales anglosajones cuando se trata de valorar evidencia que implica este tipo de conocimiento.

IX. LAS FALACIAS EN LA INTERPRETACIÓN DE LA PRUEBA EN GENÉTICA FORENSE DURANTE SU VALORACIÓN EN EL JUICIO ORAL EN MATERIA PENAL

Existen tensiones entre el razonamiento jurídico y el científico durante la presentación de la evidencia en el tribunal que afectan la manera en que el juez construye su modelo mental de valoración de la prueba. Esto se debe a que los científicos y los abogados contamos con diferentes insumos y, por tanto, realizamos procesos cognitivos de manera diferente.

Durante el interrogatorio y contrainterrogatorio, tanto el juez como el testigo experto (perito) asumen razonamientos erróneos conocidos como falacias, que en la práctica han llevado a las cortes a errores en la impartición de justicia.⁹³

Las falacias no son algo nuevo. Fue Jeremy Bentham quien dos siglos atrás introdujo su concepto en el estudio de la evidencia. Para Bentham, una falacia es una declaración u opinión que no es verdadera. Las falacias más frecuentes cuando se interpretan pruebas de ADN son “la falacia del fiscal” y “la falacia de la defensa”.⁹⁴

La “falacia del fiscal” se refiere al error que, entre los estadísticos, se conoce como “distorsión del condicional transpuesto”... La “falacia de la defensa” consiste en ignorar la evidencia de identificación que involucra un perfil de ADN sobre la base de que varias personas comparten este perfil. Por ejemplo,

⁹² *Ibidem*, pp. 148 y 149.

⁹³ *Ibidem*, pp. 159 y 160.

⁹⁴ *Ibidem*, p. 160.

si la probabilidad de coincidencia aleatoria (RMP) es de 1 en 1 millón y la población sospechosa es de 70 millones, se podría señalar que alrededor de 7 individuos en esa población tienen el mismo perfil de ADN. Sin embargo, esto no significa que la evidencia sea de valor insignificante.⁹⁵

En cuanto a los problemas causados por las falacias, Oriola Sallavaci señala que el primer caso de Inglaterra en el que se identificó “la falacia del fiscal” fue *R vs. Deen*. Deen había sido un convicto con tres acusaciones por violación y sentenciado a 16 años de prisión. La principal evidencia que se tenía era el perfil de ADN. La falacia del fiscal ocurrió durante la presentación de la evidencia ante el jurado. A continuación, se presenta la narrativa original del caso:

...es una falacia confundir la probabilidad de coincidencia al azar con lo que se conoce como el cociente de probabilidad (*likelihood ratio*).

Hay dos preguntas distintas.

1 ¿Cuál es la probabilidad de que pueda coincidir el perfil de ADN de un sospechoso con el perfil de ADN de la muestra biológica recabada de la escena del crimen, dado que es inocente?

2 ¿Cuál es la probabilidad de que un individuo sea inocente, dado que coincide con el perfil de ADN de la muestra biológica recabada de la escena del crimen?

La “falacia del fiscal” consiste en dar la respuesta a la primera pregunta como respuesta a la segunda.

En este caso, el perito de la fiscalía cometió la falacia de la acusación en la respuesta a una pregunta importante del abogado de la fiscalía.

Q ¿Entonces la probabilidad de que sea cualquier otro hombre que no sea Andrew Deen es de uno entre tres millones?

A. En 3 millones, sí.

Q. Sr. Davey, usted es un científico haciendo esta investigación, al final de este juicio se le preguntará a un jurado si están seguros de que es Andrew Deen quien cometió el delito de violación en contra de la Srta. W. En las probabilidades que usted ha establecido de acuerdo con su investigación, la posibilidad de que sea otra persona una en 3 millones, ¿cuál es su conclusión?

A. Mi conclusión es que el semen se ha originado en Andrew Deen.

Q. ¿Estás seguro de eso?

A. Sí.⁹⁶

Oriola Sallavaci añade que en la narrativa se ilustran perfectamente los desafíos entre el razonamiento científico y el jurídico, y cómo se puede ver

⁹⁵ *Ibidem*, pp. 160 y 161.

⁹⁶ *Ibidem*, pp. 161 y 162. La traducción es mía.

claramente a partir de las preguntas formuladas por el abogado lo que subyace a su narración; su intento de utilizar el testimonio a favor de su caso, parafraseando la declaración previa de experto.

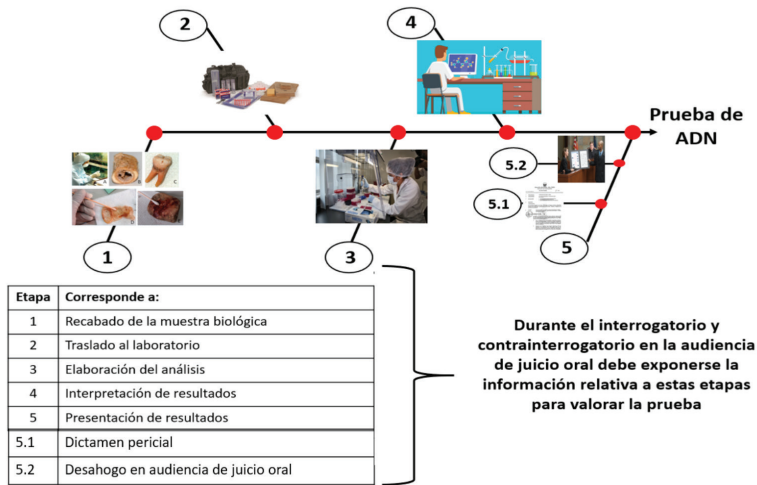
Es importante que los jueces conozcan estos tipos de falacias para que no construyan sus modelos mentales basados en inferencias incorrectas que traigan como consecuencia una inadecuada valoración de la prueba en genética forense.

X. LA VALORACIÓN DE LA PRUEBA EN EL JUICIO ORAL
EN MATERIA PENAL

A partir de lo que se ha expuesto en este capítulo, es factible proponer criterios apreciar la prueba en genética forense con el fin de poder determinar su grado de confiabilidad.

El proceso de elaboración y presentación de la prueba de ADN queda representado en un diagrama de Ishikawa⁹⁷ de la siguiente manera:

ILUSTRACIÓN 94. ETAPAS DE ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA PRUEBA DE ADN



FUENTE: elaboración propia.

⁹⁷ “Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria, y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son calidad de los procesos, los productos y servicios”. Wikipedia. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa.

Para valorar la prueba es necesario que cada una de las etapas representadas en el diagrama (ilustración 94) haya sido llevada a cabo exitosamente y se tenga pleno conocimiento de que no ocurrió ninguno de los errores señalados en el apartado VII de este capítulo.

Los criterios para la valoración de la prueba pueden dividirse en cuatro categorías:

- 1) Aspectos relacionados con el trabajo previo a la participación del perito en genética forense.
- 2) Aspectos relacionados con la competencia técnica del perito.
- 3) Aspectos relacionados con el trabajo de laboratorio.
- 4) Aspectos relacionados con la presentación de la prueba.

En los siguientes apartados se explican detalladamente cada una de estas categorías.

1. Aspectos relacionados con el trabajo previo a la participación del perito en genética forense

Generalmente, el perito en genética forense no es el experto que procesa la escena del crimen o lugar de los hechos. Esta actividad les corresponde a los peritos criminalistas o, en su caso, a la policía con capacidades para procesar. De no llevarse a cabo correctamente, se podría afectar de manera importante el trabajo que realice el experto en genética forense en etapas subsiguientes.

Una vez que reciba las muestras a procesar, el perito en genética forense deberá realizar dos actividades fundamentales: 1) verificar que la cadena de custodia se haya respetado y que corresponda con los datos señalados en el embalaje de la muestra, y 2) aplicar los protocolos adecuados para la detección de muestras contaminadas.

Tanto el Ministerio Público, el asesor jurídico y el abogado defensor querrán confirmar si la cadena de custodia fue correctamente realizada y si el perito aplicó los protocolos adecuados para la detección de muestras contaminadas.

Algunas de las posibles preguntas que podrían formularse al perito son las siguientes: 1) cuando le fue entregada la cadena de custodia, ¿verificó que ésta estuviera correcta?, y 2) ¿usted siguió el protocolo de cadena de custodia sobre la(s) muestra(s) analizada(s)?

En muchas ocasiones, las partes, sobre todo la defensa, tratan de inducir en el juez la creencia de que, dado que el perito en genética forense no

recabó la muestra biológica, sino que lo hizo el perito en criminalística o el primer respondiente, entonces no le consta que se haya seguido correctamente la cadena de custodia; sin embargo, ésta es una falacia *non sequitur*, puesto que el hecho de que el perito en genética forense no haya recabado la muestra no dice que la cadena de custodia llevada a cabo por quien recabó la muestra fuera incorrecta. El juez debe estar atento a no caer en este tipo de creencias.

Sobre este tema, en México no hay investigaciones sobre el grado en que los peritos de las procuradurías de justicia siguen los protocolos de cadena de custodia. Al parecer hay un presupuesto extendido consistente en suponer que la falta de seguimiento de ésta puede obedecer a actos deliberados de negligencia o de corrupción. Sin embargo, ésta podría ocurrir incluso de manera involuntaria por parte de las personas que procesen la escena del crimen.

2. Aspectos relacionados con la competencia técnica del perito

Dada la falta de conocimientos en filosofía de la ciencia por parte de los operadores jurídicos, frecuentemente suelen aceptar de manera dogmática la información vertida por los peritos o testigos expertos en un juicio oral.

Este tema no ha pasado desapercibido para los teóricos en materia de argumentación y razonamiento judicial. De la literatura revisada, uno de los primeros teóricos (si no es que el primero) en hacer evidente este problema y realizar una propuesta metodológica fue Douglas Walton,⁹⁸ a través de las *Critical Questions*:

Como lo demuestran los experimentos en psicología social, hay una tendencia a adherirse a la opinión de los expertos, a veces sin cuestionar, resultando en llamamientos engañosos a la autoridad. Cuando se enfrenta a una solicitud de este tipo, la mejor reacción es tener preparadas algunas preguntas críticas. Se han recomendado las siguientes seis preguntas críticas básicas que corresponden al llamamiento a la opinión de los expertos (Walton, 1997, p. 223).

1. Pregunta de peritaje: ¿Cuán creíble es E como fuente experta?
2. Pregunta de campo: ¿Es E un experto en D?
3. Pregunta de opinión: ¿Qué afirmó E que implica A?
4. Pregunta de confiabilidad: ¿Es E personalmente confiable como fuente?

⁹⁸ Walton, Douglas, *Appeal to Expert Opinion*, Pensilvania, The Pennsylvania State University Press, 1997, pp. 1-296.

5. Pregunta de consistencia: ¿Es A consistente con lo que otros expertos afirman?
6. Pregunta sobre la evidencia de respaldo: ¿La afirmación de A se basa en evidencia?⁹⁹

A pesar del importante impacto que ha tenido esta propuesta, es muy general como para operar directamente a nivel pragmático.

Por otra parte, la regla 702 de las *Federal Rules of Evidence* aplicadas por las cortes federales de los Estados Unidos de América señala lo siguiente respecto a la evaluación de testigos expertos:

Regla 702. Testimonio de testigos expertos

Un testigo calificado como experto por su conocimiento, habilidad, experiencia, capacitación o educación puede testificar en forma de opinión o de otro modo si:

- a) el conocimiento científico, técnico u otro conocimiento especializado del experto ayudará al juez a comprender la evidencia o determinar un hecho en cuestión;
- b) el testimonio se basa en hechos o datos suficientes;
- c) el testimonio es el producto de principios y métodos confiables; y
- d) el experto ha aplicado de manera confiable los principios y los métodos a los hechos del caso.¹⁰⁰

A continuación, las propuestas de Walton y de la *Federal Rules of Evidence* se complementan con preguntas más específicas:

TABLA 20. EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA TÉCNICA
DEL PERITO BASADO EN LAS *CRITICAL QUESTIONS*
DE DOUGLAS WALTON

<i>Critical Questions</i>	
Experiencia	¿Cuán creíble es E (perito) como fuente experta? A su vez implicaría las siguientes preguntas: – ¿Cuántos años de experiencia tiene? – ¿Cuántos peritajes ha realizado en la materia?

⁹⁹ Bex, Floris *et al.*, “Towards a Formal Account of Reasoning about Evidence: Argumentation Schemes and Generalizations”, *Artificial Intelligence and Law*, Países Bajos, vol. 11, núm. 2-3, 2003, p. 135. La traducción es mía.

¹⁰⁰ Disponibles en: https://www.law.cornell.edu/rules/fre/rule_702. La traducción es mía.

Campo/área de conocimiento	¿E (perito) es un experto en D (genética forense)? A su vez implica las siguientes preguntas: – ¿Cuál es su profesión? – ¿Cuenta con título profesional? – ¿Cuenta con cédula profesional? – ¿Ha realizado cursos de actualización?
Opinión	¿Qué afirmó E (perito) que implica A (conclusión del análisis)? – Tiene que ver con las razones argumentativas ofrecidas por el perito para sustentar su conclusión
Pregunta de confiabilidad	¿Es E (perito) personalmente confiable como fuente? – Esta pregunta trata de evaluar el carácter ético del perito, pero difícilmente se hace durante un interrogatorio y contrainterrogatorio, además, es cierto que la falta de confiabilidad en la ética del perito puede generar una suspicacia acerca de la confiabilidad del dictamen por él elaborado, transferir esta falta de confiabilidad de la persona a la prueba significaría estar incurriendo en una falacia <i>ad hominem</i>.
Pregunta de congruencia	¿Es A (conclusión) congruente con lo que afirman otros expertos? – El problema de la dificultad para tener la opinión de otro experto que apoye o refute la conclusión del perito sujeto a interrogatorio y contrainterrogatorio actualmente puede resolverse mediante el papel del consultor técnico incorporado al nuevo sistema.
Pregunta de respaldo de la evidencia	¿La afirmación de A (conclusión) está basada en la evidencia? – La evidencia que sostendrá la conclusión son datos duros cuyo análisis desempeñará un papel fundamental en la determinación de la verdad.

FUENTE: elaboración propia.

3. Aspectos relacionados con el trabajo de laboratorio

Para los operadores jurídicos lo que ocurre en un laboratorio forense es “un universo desconocido”. El trabajo del perito es una actividad invisible para el ciudadano común, por lo que las instituciones de procuración y administración de justicia, principalmente estatales, invierten poco en infraestructura y mantenimiento de los laboratorios. Consecuentemente, éstos no cuentan con el mejor equipo, los insumos para trabajar ni la capacitación adecuada de su personal.

En una entrevista semiestructurada que se realizó al inicio de esta investigación, la entrevistada, perito del estado de Veracruz, señaló lo siguiente:

Entrevistador: Entrevista PERITO X de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Veracruz, mujer, 5 años dentro de la institución.

1. En tu actividad laboral, ¿Consideras que se llevan a cabo malas prácticas? y, en su caso, ¿cuáles son?

Entrevistada: Los policías no preservan el lugar de los hechos, llegan y tocan todo, no acordonan (posiblemente no tengan la cinta para acordonar). Y no sólo eso, también contribuyen a la contaminación.

Siendo ellos quienes la mayoría de las veces inspeccionan el lugar antes de que llegemos nosotros, últimamente he tenido varios homicidios por arma de fuego y cuando llego ya localizaron los casquillos incluso ya los tienen señalados, y cuando les pregunto por la cadena del lugar les digo que quién me va a entregar el lugar de los hechos y se hacen pendejos.

Otra es la falta de equipo o más bien de infraestructura para una correcta preservación de indicios. Sí, llegamos y hacemos el levantamiento, recolectamos indicios, pero ahí es donde viene la otra falla, en la cadena de custodia.

No contamos con la infraestructura para una correcta preservación de indicios. Por ejemplo, si recolectamos sangre hasta hace poco no teníamos refrigeradores para almacenarla.

Entrevistador: ¿Crees que el presupuesto que asigna el Estado para servicios periciales sea el adecuado?

Entrevistada: Somos los peor pagados. Por ejemplo, ahorita tengo un chorro de trabajo de campo y no hay gasolina, están los vehículos sin gas, yo tengo tres años en la institución y jamás me han dado ni computadora, ni cámara ni mucho menos impresora.

Entrevistador: ¿Aproximadamente cuántos dictámenes periciales haces por semana? y ¿cuántas horas de trabajo a la semana tienes?

Entrevistada: Mira al mes hago mínimo 100, y trabajo de 9 a 3 y de 6 a 9 y los días de guardias son guardias de 24 horas y hago guardia cada 5 días porque somos 5 peritos.

Entrevistador: ¿Distribuyen los peritajes de acuerdo con la especialidad de cada perito?

Entrevistada: No hay especialistas, somos todólogos, todos hacemos de todo. Todo lo que recibas en tu guardia es tuyo.

Entrevistador: ¿Qué grado de confiabilidad asignarías en general a cada dictamen que elaboran?

Entrevistada: Jajajajajaja, un 75 por ciento.

Entrevistador: ¿Confías en el trabajo de tus compañeros? ¿Crees que estén bien capacitados?

Entrevistada: Obviamente depende la materia y el perito que lo haga, algunos sí, pero otros hay que dios mío, son abogados haciéndola de crimina-

listas, yo soy la única criminalista. Que si bien es cierto la mayoría de las veces la experiencia es la que te hace, muchas veces sirve más ser empírico. Pero eso ya no vale en el nuevo sistema porque tienes que acreditar tus periciales.

Entrevistador: ¿Cómo consideras que fue la preparación técnica y teórica que te dio tu universidad para enfrentar tu trabajo como criminalista?

Entrevistada: Es ahí en donde están comenzando los problemas, mala... Jajajajaja, fuimos conejillos de Indias. Jajajaja, aprendimos más haciendo servicio social.

Entrevistador: ¿Alguna vez has sido testigo de actos de corrupción en tu trabajo? En caso de ser afirmativo, ¿qué tan frecuente?

Entrevistada: Sí, es frecuente...

Entrevistador: ¿Alguna vez has recibido instrucciones de tus superiores para concluir algo específico en un dictamen pericial?

Entrevistada: A mí solo en un par de ocasiones me lo han pedido.

Entrevistador: ¿Qué otra cosa añadirías, como mala práctica en tu actividad laboral diaria y que creas tenga una consecuencia directa sobre la calidad de las periciales?

Entrevistada: Pues eso, el hecho de que no somos especialistas en alguna materia por el exceso de trabajo.

A partir de la entrevista anterior y otra investigación exploratoria, se logró identificar que en los laboratorios de servicios periciales ocurren dispraxis (malas prácticas) por falta de competencia técnica de los peritos, falta de materiales y corrupción.¹⁰¹

Bajo estas circunstancias, ¿cómo asegurar que el trabajo realizado en el laboratorio por el genetista forense es confiable?, ¿cómo valorarlo?

Una de las propuestas más influyentes para afrontar este problema es el *Estándar Daubert*, el cual proporciona los siguientes criterios para la valoración del trabajo realizado por el perito:

1. Si la técnica o teoría del experto puede ser o ha sido probada;
2. Si la técnica o teoría ha sido sujeta a revisión por pares y publicación;
3. La tasa de error conocida o potencial de la técnica o teoría cuando se aplica y la existencia y mantenimiento de las normas y controles, y
4. Si la técnica o teoría ha sido generalmente aceptada por la comunidad científica.¹⁰²

Con estos criterios ocurre lo mismo que con la propuesta de Walton y las *Federal Rules*: son demasiado generales para ser utilizadas a nivel prag-

¹⁰¹ López Olvera, Patricia, “Dispraxis pericial y determinación de la verdad...”, *cit.*, pp. 23-26.

¹⁰² Sallavaci, Oriola, *op. cit.*, p. 111. La traducción es mía.

mático en los juicios orales. De igual manera que como lo he hecho previamente, procederé a proponer preguntas susceptibles de ser formuladas al perito durante el interrogatorio y contrainterrogatorio en la audiencia de juicio oral:

- 1) ¿Qué técnica utilizó en la elaboración del análisis?
- 2) ¿Sabe de la existencia de otras técnicas alternativas a la que utilizó?
- 3) ¿Por qué utilizó esa técnica y no otra?
- 4) La técnica que menciona, ¿ha sido validada (replicada) por otros grupos de investigación en genética forense?
- 5) En su caso, ¿quién(es) la ha(n) validado?
- 6) ¿Cómo se llevó a cabo dicha validación?
- 7) ¿Conoce si existen investigaciones que hayan objetado la técnica que usó?
- 8) ¿Cuál es la probabilidad de error de la técnica empleada?

En técnica de interrogatorio y contrainterrogatorio, a las preguntas anteriores se les denomina “de seguimiento” y siguen un orden secuencial, de tal suerte que si el perito no es capaz de responder adecuadamente una de ellas, no tendría sentido formular las siguientes, sobre todo cuando quien las está realizando es el oferente de la prueba, pues no le convendría evidenciar que su perito no está suficientemente preparado.

Uno de los principales problemas que tienen lugar en ejercicio práctico del interrogatorio y contrainterrogatorio es que los peritos suelen ser técnicos, es decir, que conocen las técnicas y cómo ejecutarlas, pero desconocen su sustento. Ello resalta la importancia de contar con peritos capacitados, tanto técnica como científicamente, a efecto de que comprendan los alcances de la investigación relativos a su especialidad.

4. Aspectos relacionados con la presentación de la prueba

Si bien la presentación de la prueba se divide en dos fases: 1) elaboración y entrega del peritaje por escrito, y 2) desahogo del peritaje en el juicio oral, para la valoración de la prueba únicamente interesa la segunda fase, que es a través de la cual se realiza el interrogatorio y contrainterrogatorio del perito y se va construyendo el modelo mental del juez que servirá de soporte a su decisión.

Los criterios para valorar la presentación de la prueba en la audiencia de juicio oral son los siguientes:

- 1) Lenguaje claro y asequible para los operadores jurídicos y los justiciables, incluso mediante el uso de material visual para ilustrar al juez lo que se quiere decir.¹⁰³
- 2) Respuesta a todas las preguntas que le sean formuladas por las partes.
- 3) Conocimiento de la técnica de interrogatorio y contrainterrogatorio. Por ejemplo, el perito debe esperar algunos segundos antes de responder, previendo que la pregunta pueda ser objetada o, en caso de no saber la respuesta a una pregunta, la respuesta ideal es: “No lo recuerdo en este momento”.

Si la prueba no se presenta adecuadamente, dejamos al juez sin material para valorar su confiabilidad.

En resumen, los criterios para valorar la confiabilidad de la prueba realizada por el perito son los siguientes:

TABLA 21. CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LA PRUEBA

Valoración de la prueba	
<i>Tipo de criterio</i>	<i>Criterio</i>
<i>Relacionados con el trabajo previo a la participación del perito en genética forense</i>	P verificó que se siguiera una correcta cadena de custodia.
	P siguió el protocolo de cadena de custodia y requisó correctamente el registro.
	P aplicó protocolos para la detección de muestras contaminadas.
<i>Relacionados con la competencia técnica del perito</i>	P cuenta con experiencia en la materia.
	P es un profesional idóneo en la materia (independientemente de si es perito de parte o de oficio).
	P argumenta sus conclusiones.
	P tiene apoyo de otros expertos para sustentar su conclusión.
	P sostiene su conclusión con suficiente información, resultado del análisis que ha realizado.

¹⁰³ Sobre el lenguaje jurídico y científico en el contexto del sistema procesal acusatorio (SPA), véase López-Escobedo, Fernanda *et al.*, “En búsqueda de un lenguaje común entre la ciencia y el derecho: propuesta de un glosario en ciencia forense en México”, *Debate Terminológico*, España, núm. 17, 2017, pp. 2-17. Disponible en: <https://seer.ufg.br/riterm/article/viewFile/73404/pdf>.

<i>Tipo de criterio</i>	<i>Criterio</i>
	P ayuda al juez a comprender la prueba.
	P ha aplicado de manera confiable los principios y métodos en su dictamen.
<i>Relacionados con el trabajo de laboratorio</i>	La técnica aplicada por P ha sido validada.
	La técnica aplicada por P ha sido revisada por pares.
	La técnica aplicada por P ha sido publicada.
	La técnica aplicada por P ha sido aceptada por la comunidad científica.
	P conoce la tasa de error de la técnica que ha aplicado.
	No se han realizado objeciones a la técnica aplicada por P o éstas han sido superadas.
<i>Relacionados con la presentación de la prueba</i>	P usa lenguaje claro y asequible para los operadores jurídicos y los justiciables.
	P responde todas las preguntas que le son formuladas por las partes.
	P conoce sobre las técnicas de interrogatorio y contrainterrogatorio.
P = perito	

FUENTE: elaboración propia.

Generalmente en los interrogatorios y los contrainterrogatorios a los peritos, las partes se enfocan en los criterios relacionados con la capacidad técnica del perito y difícilmente realizan preguntas para conocer si se satisfacen los otros criterios.

Una vez procesada la información para valorar la prueba, se tendrían que asignar pesos a cada uno de los criterios. Este es un tema difícil, ya que no es posible asignar pesos por igual a cada uno de ellos, hay algunos que son más importantes que otros.

Por lo anterior, se propone una taxonomía de grados en que la no satisfacción de los criterios pueda influir en la confiabilidad de la prueba de ADN:

TABLA 22. GRADOS EN QUE LA NO SATISFACCIÓN DE LOS CRITERIOS PUEDE AFECTAR LA CONFIABILIDAD DE LA PRUEBA

<i>Grados</i>	<i>Descripción</i>
Alto	Cuando se trata de un criterio sumamente importante que, de no satisfacerse, afecta gravemente la confiabilidad de la prueba. – Todos aquellos criterios que caigan en este supuesto son insuperables y se debe dar por sentado que la prueba no es confiable.
Medio	Cuando se trata de un criterio que, de no satisfacerse, afecta medianamente la confiabilidad de la prueba.
Bajo	Cuando se trata de un criterio que, de no satisfacerse, afecta levemente la confiabilidad de la prueba.

FUENTE: elaboración propia

Se considera que cada uno de los criterios para medir la confiabilidad de la prueba quedaría con el siguiente grado de afectación en caso de no satisfacción:

TABLA 23. CRITERIOS PARA DETERMINAR LA CONFIABILIDAD DE LA PRUEBA

#	<i>Criterio</i>	Grado	<i>Justificación</i>
1	P verificó que se siguiera una correcta cadena de custodia.	Alto	De no satisfacerse, se presume que hay una alta probabilidad de que las muestras analizadas pierdan su fuerza epistémica, por lo que no se le debe brindar ningún valor probatorio. Nota: La falta de un registro de cadena de custodia o su llenado incorrecto puede generar una “prueba imperfecta”. Si ésta es subsanada es posible que la prueba recupere valor epistémico, por lo que el grado de afectación ya no sería alto, sino medio o incluso bajo, dado que no se tendrá certeza del proceso de recolección de la muestra que se haya analizado.
2	P siguió el protocolo de cadena de custodia.	Alto	De no satisfacerse, se presume que las muestras analizadas no garantizan su fuerza epistémica, por lo que no se le debe brindar ningún valor probatorio. ¹⁰⁴

¹⁰⁴ Véase nota anterior.

3	P aplicó protocolos para la detección de muestras contaminadas.	Bajo	De no satisfacerse, no necesariamente se sigue que la muestra esté contaminada. En todo caso, esto se detectaría al momento de encontrar un perfil de ADN mixto.
4	P cuenta con experiencia en la materia.	Bajo	De no satisfacerse, no necesariamente se sigue que el perito no tenga la capacidad técnica de realizar el análisis.
5	P es el profesionalista idóneo en la materia.	Medio	De no satisfacerse, no necesariamente se sigue que el perito no tenga la capacidad técnica de realizar el análisis.
6	P argumenta sus conclusiones.	Alto	De no satisfacerse, el perito no proporciona elementos para que el juez pueda valorar la prueba.
7	P tiene apoyo de otros expertos para sustentar su conclusión.	Medio	De no satisfacerse, no se sigue que la conclusión no pueda sostenerse, para eso se cuenta con otras variables.
8	P sostiene su conclusión con suficiente información para sustentar su análisis.	Alto	De no satisfacerse, el perito no logrará sostener que los resultados de su dictamen son confiables.
9	P ayuda al juez a comprender la prueba.	Alto	Dado que la comprensión de una prueba es una condición necesaria para poder evaluar su grado de confiabilidad epistémica, se ha atribuido a este criterio un valor alto.
10	P ha aplicado de manera confiable los principios y métodos en su dictamen.	Alto	De no satisfacerse, el perito no logrará sostener que los resultados de su dictamen sean confiables.
11	La técnica aplicada por P ha sido validada.	Alto	De no satisfacerse, el perito no logrará sostener que los resultados de su dictamen sean confiables.
12	La técnica aplicada por P ha sido revisada por pares.	Medio	De no satisfacerse, no se sigue que la técnica no esté validada.
13	La técnica aplicada por P ha sido publicada.	Bajo	De no satisfacerse, no se sigue que la técnica no esté validada.
14	La técnica aplicada por P ha sido aceptada por la comunidad científica.	Alto	De no satisfacerse, el perito no logrará sostener que la técnica utilizada sea confiable. Sin embargo, una teoría novedosa puede ser correcta y no ser aceptada por la comunidad del paradigma vigente a derrotar.
15	P utilizó el equipo adecuado.	Medio	De no satisfacerse, no se sigue que el peritaje no sea confiable, sino únicamente que se pudo haber utilizado un equipo más innovador.

16	P conoce la tasa de error de la técnica que ha aplicado.	Medio	De no satisfacerse, no se sigue que el peritaje no sea confiable.
17	No se han realizado objeciones a la técnica aplicada por P o éstas han sido superadas.	Medio	De no satisfacerse, no se sigue que la técnica utilizada sea mala, aunque sí puede implicar que hay mejores.
18	El laboratorio donde P realizó el análisis está acreditado con la norma ISO-17025.	Medio	De no satisfacerse, no se sigue que en el laboratorio no se tengan buenas prácticas.
19	El laboratorio donde P realizó el análisis sigue protocolos de buenas prácticas.	Alto	De no satisfacerse, se sigue que en el laboratorio no se tienen buenas prácticas, por lo tanto los resultados no son confiables.
20	P utiliza un lenguaje claro y asequible para los operadores jurídicos y los justiciables. Explica conocimientos técnicos e interpretación de resultados	Bajo	De no satisfacerse, no se sigue que el perito no haya realizado bien su peritaje.
21	P responde todas las preguntas que le son formuladas por las partes.	Bajo	De no satisfacerse, no se sigue que el perito no haya realizado bien el peritaje.
22	P conoce sobre técnica de interrogatorio y contrainterrogatorio.	Bajo	De no satisfacerse, no se sigue que el perito no haya realizado bien el peritaje.
	P = perito		

FUENTE: elaboración propia.

Ahora bien, ¿cómo determinar si la prueba es confiable una vez que ya se tiene certeza sobre cuáles criterios se satisfacen y cuáles no en un caso concreto desahogado en audiencia de juicio oral?

Reglas:

- 1) En caso de que todos los criterios se satisfagan, es decir, que no exista afectación en ninguno de los niveles, la prueba puede ser valorada con un grado de confiabilidad alto.
- 2) En caso de que todos los criterios cuyo valor sea alto se satisfagan, y uno o más de valor bajo no, la prueba debe ser valorada con un grado de confiabilidad medio.

- 3) En caso de que todos los criterios cuyo valor es alto se satisfagan, y uno o más de valor medio no, la prueba debe ser valorada con un grado de confiabilidad bajo.
- 4) En caso de que uno o más de los criterios cuyo grado es alto no se satisfaga, la prueba debe ser valorada como grado de confiabilidad nulo.

Con lo anterior, se trata de brindar al juez herramientas para que pueda apreciar la prueba de manera integral, con el objetivo de lograr el esclarecimiento de los hechos y el derecho a la verdad de las víctimas.

Algunas de las objeciones que podrían realizarse a esta propuesta son que podría considerarse que en cierto sentido cae en el terreno de la denominada “prueba tasada”¹⁰⁵ y que contradice lo establecido en el artículo 20 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos acerca de que la valoración de la prueba debe realizarse de manera libre y lógica; sin embargo, esta objeción no tiene cabida por las siguientes razones:

- 1) La propuesta para la valoración de la confiabilidad de la prueba en genética forense se realiza en el contexto de un prototipo de enseñanza, mismo que será presentado en el siguiente capítulo.
- 2) Cuando la ley señala que la valoración de la prueba deberá realizarse de manera libre y lógica, no limita al juzgador para allegarse de herramientas y conocimientos que le permitan, efectivamente, llevar a cabo la valoración racional de la prueba. De otra manera, la valoración “libre” podría convertirse en arbitraria. Por otra parte, la valoración legal de la prueba es diferente a la valoración racional de la misma, lo cual escapa de la legislación y constituye precisamente el objetivo principal de mi propuesta teórica.
- 3) Aun si la propuesta se encaminara hacia un sistema de prueba tasada, en un ejercicio de ponderación de principios en el que se

¹⁰⁵ “Es el sistema de apreciación de la prueba que consiste en vincular al juzgador a una valoración preestablecida. La ley, a tal fin, fija un determinado efecto para el resultado de un medio probatorio; de aquí que también se hable en este caso de prueba legal... Se contraponen al sistema de la libre apreciación de la prueba, que libera a la convicción judicial de resultados preestablecidos, sin perjuicio de que la apreciación habrá de ser crítica y basada en las reglas de la lógica. En todo caso, la valoración de la prueba, especialmente en los casos en que surgen contradicciones entre lo que resulta de diversas pruebas, es la apreciación conjunta de la prueba, que es una forma de corregir los desequilibrios resultantes de una valoración limitada o fragmentada”, <http://www.encyclopedia-juridica.biz14.com/d/prueba-tasada/prueba-tasada.htm>.

tienen en conflicto el principio de valoración tasada de la prueba *versus* el derecho a la determinación de la verdad, seguramente resultaría triunfante el derecho a la verdad sobre cualquier principio que tratara de promover una forma de valoración “libre”, expresión que sin duda tiene una connotación positiva, pero que semánticamente está afectada con vaguedad lingüística e incluso de indeterminación semántica en el contexto de la ley.

- 4) Por otra parte, no hay que perder de vista que la valoración de la prueba también implica otros aspectos además de la determinación de la confiabilidad, tal como se ha señalado en el sistema EXPERTIUS II (expuesto en el capítulo anterior y con el cual se conectará la plataforma de enseñanza para la valoración del grado de confiabilidad de la prueba de ADN).

XI. LAS PREGUNTAS IDEALES DURANTE EL INTERROGATORIO Y CONTRAINTERROGATORIO DEL PERITO

El juez de enjuiciamiento requiere contar con la información necesaria para valorar la confiabilidad de la prueba de ADN; para ello, las partes deben realizar las preguntas ideales al perito en la audiencia de juicio oral. En este apartado se exponen cuáles son esos cuestionamientos.

Las preguntas se han dividido de acuerdo con la conclusión del perito en: 1) preguntas para cuando se trata de un peritaje cuya conclusión fue “los perfiles genéticos X y Y coinciden”; 2) preguntas para cuando se trata de un peritaje cuya conclusión fue “los perfiles genéticos X y Y no coinciden”; 3) preguntas para cuando se trata de un peritaje cuya conclusión fue “existe una coincidencia parcial entre los perfiles genéticos X y Y”; 4) preguntas para cuando se trata de un peritaje cuya conclusión fue “se encontraron alelos correspondientes con más de dos perfiles genéticos”, y 5) preguntas para cuando se trata de un peritaje cuya conclusión fue “no concluyente”.

TABLA 24. PREGUNTAS IDEALES SEGÚN CONCLUSIÓN PERICIAL

<i>Conclusión (ouput)</i>	<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta ideal</i>	<i>Núm. de criterio*</i>
<i>Los perfiles genéticos X y Y coinciden</i>	1. ¿Cuál es su formación académica?	Título profesional de licenciatura en cualquiera de las siguientes áreas: biología, química; fármaco biólogo, químico bacteriólogo parasitólogo, ingeniero bioquímico, ingeniero en biotecnología, biólogo experimental, investigación biomédica o ciencias genómicas.	5
	2. ¿Cuenta con título profesional?	Sí	5
	3. ¿Cuenta con cédula profesional? Señale el número de su cédula profesional.	Sí	5
	4. ¿Ha realizado cursos de actualización?	Sí	5
	5. ¿Cuánto tiempo lleva desempeñándose en el área de genética forense?	Más de un año	4
	6. ¿Ha realizado previamente dictámenes periciales en el área de genética forense?	Sí	4
	7. ¿Cuántos peritajes ha realizado en la materia?	Cinco o más	4
	8. ¿El laboratorio donde se elaboró la prueba científica de ADN está acreditado?	Sí	18
	9. En su caso, ¿con qué acreditación cuenta? / ¿Quién realizó la acreditación? / ¿Cuándo fue la última acreditación?	ISO-17025 / EMA / dos años o menos	
	10. ¿En su laboratorio se siguen protocolos de buenas prácticas? / en su caso, ¿cuáles son?	Sí / puede mencionar algunos protocolos o lineamientos de buenas prácticas emitidos por la OCDE, ¹⁰⁶ o incluso que se hayan desarrollado de manera interna por el personal que labore en el laboratorio.	19

¹⁰⁶ Cfr. “Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)”, disponible en: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-04/Buenas-Prácticas-de-Laboratorio-de-La-OCDE.pdf>.

<i>Conclusión (output)</i>	<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta ideal</i>	<i>Núm. de criterio</i>
<i>Los perfiles genéticos X y Y coinciden</i>	11. ¿Verificó que se siguiera una correcta cadena de custodia sobre la(s) muestra(s) analizada(s)?	Sí	1
	12. ¿Usted siguió el protocolo de cadena de custodia sobre la(s) muestra(s) analizada(s)?	Sí	2
	13. ¿Aplicó algún protocolo para la determinación de muestras contaminadas?	Sí	3
	14. En su caso, ¿qué protocolo?	<i>DNA contamination detection</i> u otro	
	15. ¿Qué técnica utilizó para llevar a cabo el análisis?	PCR/STR/Extracción de ADN nuclear, mitocondrial o cromosoma Y.	14
	16. ¿Por qué utilizó X técnica y no otra?	Se espera una justificación.	6
	17. La técnica que menciona ¿ha sido validada (replicada) por otros grupos de investigación en genética forense?	Sí	7 y 11
	18. En su caso, ¿quién la validó?	Señale qué grupos de investigación.	
	19. ¿Cómo se llevó a cabo dicha validación?	Se espera una explicación.	
	20. ¿La técnica aplicada fue revisada por pares?	Sí	12
	21. ¿La técnica aplicada fue publicada?	Sí	13
	22. ¿La técnica aplicada es aceptada por la comunidad científica?	Sí	14
	23. ¿Hay investigaciones que objeten esta técnica?	No	17
	24. ¿Cuál es la probabilidad de error de la técnica?	0.05	16
	25. ¿Qué equipo utilizó para realizar su análisis? (si bien esta pregunta podría parecer no relevante es necesario para contextualizar a la siguiente pregunta cuya respuesta puede ser muy importante para el caso).	AmpFISTR Identifiler: (identifica 16 marcadores genéticos) / PowerPlex 16 (identifica 16 marcadores genéticos) / otro equipo siempre y cuando identifique arriba de 16 marcadores genéticos.	15

<i>Conclusión (ouput)</i>	<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta ideal</i>	<i>Núm. de criterio</i>
<i>Los perfiles genéticos X y Y coinciden</i>	26. ¿Cuántos marcadores genéticos identifica ese equipo? (recordemos que mientras más marcadores logre identificar el equipo, más robustos serán los cálculos probabilísticos para identificar X persona).	16 o más	20
	27. ¿Cuántos alelos resultaron coincidentes entre las muestras analizadas?	16 o más	20
	28. ¿Cuál fue su conclusión?	Se espera alguna de las cinco conclusiones posibles: (1. Los perfiles genéticos X y Y coinciden; 2. Los perfiles genéticos X y Y no coinciden; 3. Existe una coincidencia parcial entre los perfiles genéticos X y Y; 4. Se encontraron alelos correspondientes a más de dos perfiles genéticos; 5. No concluyente) o varias en caso de que se hayan utilizado varias técnicas para realizar el análisis.	20
	29. ¿En qué basa su conclusión?	Se espera una justificación que muestre que la conclusión se sigue de las premisas de su argumentación.	
	30. ¿Cuál es la probabilidad de coincidencia al azar del perfil genético X (dubitable)?	Una en un millón o más.	6 y 8
<i>Los perfiles genéticos X y Y no coinciden</i>	<i>Son aplicables las mismas preguntas que en el caso anterior.</i>		
<i>Existe una coincidencia parcial entre los perfiles genéticos X y Y</i>	<i>Son aplicables las mismas preguntas que en el primer caso, excepto la 29 y la 30.</i> +		
	Después de la pregunta núm. 26: ¿El número de alelos coincidentes es suficiente para determinar que los perfiles de ADN X y Y son parcialmente iguales?	Sí	6
	¿Por qué?	Se espera una explicación que muestre que la conclusión se sigue de las premisas de su argu-	6

Conclusión (ouput)	Pregunta	Respuesta ideal	Núm. de criterio
Existe una coincidencia parcial entre los perfiles genéticos X y Y		mentación, por ejemplo, premisa mayor: para determinar que dos perfiles de ADN son parcialmente iguales, se requieren entre siete y nueve alelos coincidentes; premisa menor: los perfiles de ADN X y Y coinciden en ocho alelos; conclusión: los perfiles de ADN X y Y son parcialmente iguales.	6
	¿Cuál fue su conclusión(es)?	Se espera una explicación que muestre que la conclusión se sigue de las premisas de su argumentación.	20
	Estadísticamente, ¿qué probabilidad existe de que otra persona en la población pueda coincidir con ese mismo perfil de ADN?	Mientras más baja sea la probabilidad, mejor.	20
Se encontraron alelos correspondientes con más de dos perfiles genéticos	Son aplicables las mismas preguntas que en el primer caso, excepto la 27 y la 28 +		
	¿Qué implica que se hayan encontrado alelos correspondientes con más de dos perfiles genéticos?	Se espera una explicación que muestre que la conclusión se sigue de las premisas de su argumentación.	20
	¿Se encontró algún perfil genético mayoritario?	Sí	20
	¿A qué muestra corresponde el perfil genético mayoritario?	Se espera una respuesta como X, Y o Z fue el perfil mayoritario.	20
	¿Qué porcentaje de la población en México podría coincidir con ese perfil genético mayoritario?	Mientras más bajo sea, mejor.	20
No concluyente	Son aplicables las preguntas de la uno a la 14, y las 28 y 29. Nota: En caso de contar con una conclusión de esta naturaleza, probablemente el peritaje no sea ofrecido como medio de prueba para el juicio oral.		
* Se refiere al número de criterio establecido para determinar la confiabilidad de la prueba (véase la tabla 20).			

FUENTE: elaboración propia.

Cabe recordar que el interrogatorio y contrainterrogatorio del perito es un proceso dinámico, en el que, dependiendo de las respuestas que vaya

proporcionando, se pueden redefinir las preguntas subsecuentes. Por lo tanto, las preguntas que se han propuesto son únicamente orientativas para tratar de promover los modelos mentales completos de los jueces para la valoración de la confiabilidad de la prueba.

Si se observa la tabla 23, se puede ver que los criterios propuestos para determinar la confiabilidad de la prueba 9, 10, 11, 21 y 22 no aparecen en ninguna de las preguntas propuestas, dado que no es posible evaluarlos de manera directa con la información que brinde el perito, puede decirse que son “discrecionales”.

En cuanto al criterio número 9, “P ayuda al juez a comprender la prueba”, dependerá del juez determinar si se satisface o no, una vez concluido el interrogatorio. Respecto del 10, “P ha aplicado de manera confiable los principios y métodos en su dictamen”, se requiere otro experto que realice una “metaprueba” sobre la prueba de ADN realizada por el perito, y en la audiencia de juicio oral esto ya no es una posibilidad. Acerca de los criterios 21 y 22, “P responde todas las preguntas que le son formuladas por las partes” y “P conoce sobre técnica de interrogatorio y contrainterrogatorio”, se evalúan una vez que ha concluido el desahogo de la prueba de manera directa por parte del juez.

XII. LOS OBSTÁCULOS EPISTÉMICOS PARA LA VALORACIÓN DE LA PRUEBA EN GENÉTICA FORENSE EN EL JUICIO ORAL EN MATERIA PENAL

En una investigación previa he desarrollado una propuesta teórica llamada Teoría general de la competencia epistémica legislativa (Tegecel),¹⁰⁷ cuyo objetivo es determinar en qué grado las leyes que rigen el sistema procesal acusatorio en países latinoamericanos, especialmente en México, promueven la determinación de la verdad en derecho. Se proponen una serie de conceptos operacionales,¹⁰⁸ uno de ellos fue el de “obstáculo contraepistémico”, que actualmente ha sido redefinido como “obstáculo epistémico”, éste es la propiedad de algunas normas jurídicas consistente en dificultar o impedir la búsqueda de la verdad.

Algunos ejemplos que en su momento se determinaron como “obstáculos epistémicos” fueron: 1) el juez no puede solicitar medios de pruebas,

¹⁰⁷ López Olvera, Carmen Patricia. *La competencia epistémica del nuevo Código Nacional de Procedimientos Penales desde una perspectiva de derecho comparado...*, cit., p. 307.

¹⁰⁸ López Olvera, Carmen Patricia, “La competencia epistémica legislativa...”, cit., pp. 153-180

únicamente cuenta con los que las partes ofrezcan para la determinación de la verdad; 2) reglas de exclusión de evidencia, por ejemplo, exclusión de confesiones rendidas sin la presencia del defensor del imputado; 3) testigos privilegiados, como familiares, sacerdotes, entre otros, que tienen derecho a no declarar en relación con ciertos hechos si así lo desean, etcétera. Si bien la presencia de estos obstáculos epistémicos en las leyes podría estar justificada, afectan en cierto grado la determinación de la verdad.

Si se lleva la Tegecel al análisis de los obstáculos epistémicos (que se dan en la práctica, mas no están explícitos en la ley) para la determinación de la verdad en una audiencia de juicio oral, se podría señalar lo siguiente.

Un primer obstáculo epistémico consiste en la prohibición que tiene el juez para realizar preguntas durante el interrogatorio y contrainterrogatorio de peritos. El juez sólo tiene información a partir de las preguntas que realicen las partes, únicamente en caso de alguna duda sobre lo que en ese momento se esté vertiendo podría formular preguntas aclaratorias.

Un segundo obstáculo epistémico consiste en que en el re-contrainterrogatorio el no oferente de la prueba sólo puede realizar preguntas sobre información referida en el interrogatorio directo por el oferente de la prueba.

El tercer obstáculo consiste en que, dado que las partes dirigen el interrogatorio y contrainterrogatorio del perito, en muchas ocasiones la técnica que utilizan para ejecutarlo es, por llamarla de algún modo, “agresiva” y no le permiten al perito expresar todo lo que considera que el juez debería conocer: lo interrumpen y sólo dejan que mencione la información conveniente para probar su teoría del caso.

Un cuarto obstáculo para la determinación de la verdad en la audiencia de juicio oral es que sólo las partes, Ministerio Público, asesor jurídico y defensa, pueden contar con el apoyo de la figura del “consultor técnico” establecida en el artículo 136 del CNPP,¹⁰⁹ por tanto, el juez no tiene quién lo oriente respecto de la información técnico-científica que se vierta durante el interrogatorio y contrainterrogatorio del perito.

Lo anterior implica que la información de la que puede allegarse el juez sea limitada (generación de modelos mentales fragmentados) o errónea (generación de modelos mentales incorrectos), ya que no tiene mucho margen para obtener la información necesaria que le permita valorar la prueba y llegar a la determinación de la verdad.¹¹⁰

¹⁰⁹ *Idem.*

¹¹⁰ En una conversación con un juez de enjuiciamiento, éste señalaba que siempre que realizaba un interrogatorio de testigos: “suplicaba en mi mente que las partes preguntaran

Por lo anterior, es importante que además de proporcionarle al juez las herramientas para una adecuada valoración de la prueba, también sean eliminados los obstáculos epistémicos establecidos en la ley, con el fin de que pueda ser un persecutor de la verdad y no un simple árbitro o *gatekeeper* de las partes.

XIII. RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se han proporcionado los conocimientos que formarán la base sobre la cual se construye la Plataforma de Enseñanza para la Valoración de la Prueba Científica en Genética Forense.

Se abordaron los conocimientos generales sobre genética forense, la prueba de ADN, los tipos de técnicas para la extracción de ADN y sus alcances para la determinación de la verdad, el procedimiento para la elaboración de la prueba, la presentación de la prueba, tanto en dictamen como ante el juez de enjuiciamiento, etcétera.

Este capítulo también ha sido de carácter propositivo, al haberse determinado los criterios bajo los cuales es posible determinar el grado de confiabilidad de la prueba científica y las *guide questions* que deberían realizar las partes al perito a fin de proporcionarle al juez la suficiente información para valorarla.

Por otra parte, si bien se han definido los criterios bajo los cuales valorar la confiabilidad de la prueba científica, éstos no han sido abordados desde una estrategia pedagógica para enseñar a los jueces a valorar la prueba, ya que esto será materia del siguiente módulo.

más; así tendría más información con base en la cual llegar a una decisión correcta”.