



**Rev Mex Med Forense, 2022, 8(2):105-120**  
**DOI: <https://doi.org/10.25009/revmedforense.v8i2.3012>**  
**ISSN: 2448-8011**

## **La genética forense como herramienta de investigación policial**

### **Artículo de Revisión**

Forensic genetics as a police investigation tool

**Rodríguez-Jorge, Ricardo Romel <sup>1</sup>; Pérez-González, Ernesto <sup>2</sup>; Loy-Vera, Baldomero <sup>3</sup>; Díaz Noguel, Noel <sup>4</sup>**

Recibido: 20 nov 2022; aceptado: 10 feb 2023; Publicado: 15 jul 2023

1. Doctor en Medicina. Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de segundo grado en Medicina Legal. Profesor titular de Medicina Legal. Email: [ricardoromel67@gmail.com](mailto:ricardoromel67@gmail.com)
2. Doctor en Medicina Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de segundo grado en Psiquiatría. Profesor titular de Psiquiatría.
3. Doctor en Medicina, Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de primer grado en Medicina Legal. Profesor asistente de Medicina Legal.
4. Doctor en Medicina, Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de primer grado en Medicina Legal. Profesor asistente de Medicina Legal.

Corresponding author: **Ricardo Romel Rodríguez Jorge**, [ricardoromel67@gmail.com](mailto:ricardoromel67@gmail.com)

**Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud.**  
**Editorial Universidad Veracruzana**  
**Periodo julio-diciembre 2023**

## RESUMEN

*El siglo XXI nos traerá, como el siglo XX nos trajo la especialización de la medicina legal, una integración cada vez mayor de las subespecialidades. La importancia de la prueba de ADN en el ámbito forense como método de identificación reside en su potencial aplicabilidad para resolver muchos casos que serían difíciles de aclarar por los procedimientos de investigación convencionales y en la elevadísima fiabilidad de sus resultados, solo comparables con el peritaje dactiloscópico. La aplicación de este perfil permite el uso de cualquier fluido de una misma persona ya que presenta el mismo código genético con independencia del lugar del que proceda la huella como sangre, saliva, semen, pelo, sudor. La presente investigación consiste en una investigación descriptiva que partió de un estudio observacional transversal de la aplicación de la pericia de ADN con fines identificativos, se realizó una revisión bibliográfica de fuentes especializadas en la temática, se realizó una valoración de la importancia de la aplicación del peritaje de ADN como prueba en el proceso penal y su repercusión en el debido proceso. Se analizó los puntos vulnerables que atentan contra la calidad de la pericia y como la valoración de la prueba puede tronarse dudosa o no concluyente sino se cumplen los protocolos establecidos, además se a bordo de manera amplia la importancia y perspectivas del banco genético con fines forenses, así como los cuidados a tener en cuenta por los riesgos que este tiene de no cumplirse las medidas de seguridad previstas para este fin.*

*Palabras clave: ADN, material genético de identificación en el proceso penal; debido proceso; banco genético con fines forenses; calidad de la pericia; código genético*

## SUMMARY

*The 21st century will bring us, as the 20th century brought us the specialization of forensic medicine, an increasing integration of subspecialties. The importance of DNA testing in the forensic field as a method of identification lies in its potential applicability to solve many cases that would be difficult to clarify by conventional investigative procedures and in the very high reliability of its results, only comparable with dactyloscopic expertise. The application of this profile allows the use of any fluid from the same person since it presents the same genetic code regardless of where the print comes from such as blood, saliva, semen, hair, sweat. The present research consists of a descriptive investigation that started with a transversal observational study of the application of DNA expertise for identification purposes. A bibliographic review of specialized sources on the subject was carried out, and an assessment was made of the importance of the application of DNA expertise as evidence in criminal proceedings and its impact on due process.*

*It was analyzed the vulnerabilities that threaten the quality of the expertise and how the evaluation of the evidence can be thundered doubtful or inconclusive if the established protocols are not fulfilled, in addition the importance and perspectives of the genetic bank for forensic purposes were widely discussed, as well as the care to be taken by the risks that this has if the security measures provided for this purpose are not met.*

*Keywords: genetic material for identification in criminal proceedings; due process; gene bank for forensic purposes; quality of expertise; genetic code*

## INTRODUCCIÓN

La identidad constituye las características o particularidades que sirven para distinguir algo, se basa en la individualidad de un objeto o persona, el proceso a través del cual se lleva a cabo la identidad se denomina identificación, este proceso incluye un grupo de procedimientos escalonados y planificados con fundamento científico a través de los cuales las ciencias y disciplinas que intervienen aportan técnicas específicas, también conocido como el procedimiento a través del cual se lleva a cabo todo un proceso que puede ser absoluto o relativo, aspectos que definiremos más adelante <sup>1</sup>

La identificación es uno de los mayores retos de las Ciencias Forenses desde su surgimiento, hasta finales del siglo pasado el método universal de identificación era la dactiloscopia que data desde finales de los 80 en el siglo XIX, a partir del año 1989 se aplicara por primera vez en la vista de un juicio oral el ADN con fines forenses en un caso de violación, pero aun así la identificación por huellas dígito palmares se mantiene en la actualidad como un método de identificación absoluta <sup>2,3</sup>.

Con anterioridad a la prueba de ADN la criminalística se apoyó en las investigaciones de grupos sanguíneos a través del sistema clínico A, B, O, sin hacer el factor Rh debido a que se trabaja con sangre seca donde existen además de contaminaciones lisis de los elementos que aportan ese factor, con este peritaje a grandes rasgos se lograba incluir como sospechoso o excluir si no existía coincidencia <sup>4</sup>.

El ADN con fines forenses es el método más convincente para demostrar la identidad, es cada vez es más demandado por la administración de justicia, no solo en el ámbito penal sino en el civil en los casos de paternidad, pero sin lugar a dudas el mayor reto lo constituyen los caso penales por el impacto que tiene en la sociedad el esclarecimiento de estos hechos y por la complejidad del material pericial una vez que son hallados en el Lugar del Hecho debido a las circunstancias y los factores que atentan contra la calidad de los indicios y huellas <sup>5</sup>.

Los biólogos Watson y Crick entre 1953 descubren primero a la estructura con dos cadenas del ADN que se replicaba de manera igual en los hombres, porque se trataba del ADN codificante, esto quiere decir que era la base de codificación genética de cada gen, así se replicaba la célula, por ejemplo el hepatocito que es la célula hepática se replica y multiplica en sobre ese mismo código lo que permite que se puedan hacer en el día de hoy trasplantes y múltiples terapéuticas utilizando la biología molecular que según los expertos constituye el futuro de la medicina <sup>6</sup>.

Veinticinco años después los biólogos Werner Arber, Daniel Nathans y Hamilton Smith descubrieron las enzimas de restricción, capaces de hacer la réplica como la polimerasa y la tranquilidad, sin este descubrimiento no hubiera sido posible la realización del peritaje de identificación a través del ADN, sobre todo con interés forense debido a la cantidad de material biológico que se encuentran en las escenas del crimen, el cual no siempre es abundante, por el contrario cada vez es más escaso en uno de los intentos de los delincuentes de borrar los indicios del hecho y burlar a los sistemas de investigación criminal y forense, estas enzimas tienen la función vital de multiplicar los STR tantas veces como sea posible siempre que sea racional y se garantice la calidad del peritaje, lo que permite a las ciencias forenses que aun siendo escasa la muestra pueda ser factible su peritaje, es necesario recordar que en criminalística generalmente se trabaja con escasos indicios y en muchos casos se trata de camuflar y contaminar <sup>7</sup>.

En 1984, el genetista inglés Alec Jeffreys desarrolló un método para identificar basado en una parte no codificante del ADN, cuya configuración es diferente para cada individuo, así descubren la parte no codificante en el ADN que constituye el principio de la variabilidad de este segmento el cual no vamos a referir con posterioridad.

## DESARROLLO

En la criminalística como en la medicina legal se emplean varios métodos de las ciencias en la realización de las pericias, uno de los más comunes es el analógico o comparativo, este procedimiento se realiza a través de dos categorías las huellas y las muestras, la primera constituye un elemento dubitable, o sea, no se conoce su procedencia y la segunda el indubitable que quiere decir que si se conoce de donde procede o a quién pertenece.

Los vestigios o huellas biológicas constituyen en términos criminalísticos huellas que se ubican en el lugar del hecho por parte del victimario y/o víctima, las cuales se encuentran sometidas a diversos factores que pueden alterar su estructura y terminar con no ser útiles para el peritaje <sup>8,9</sup>.

Las huellas de interés biológico con las que trabajan los peritos criminalistas son diversas y cada una de ellas tiene particularidades que las distinguen no solo en el momento de realizar el peritaje sino desde el procesamiento del lugar del hecho o escena del crimen como suelen llamarle algunas personas.

## La sangre

La sangre es un sistema alcalino compuesto por el 70% de plasma fundamentalmente de agua y el suero o plasma, donde se encuentran las plaquetas y los glóbulos blancos y un 30% de componentes formes de la sangre donde se localizan los glóbulos rojos, en estos se encuentran los eritrocitos que son portadores de sistemas específicos denominados antígenos que pueden diferir de una persona a otra.

El sistema ABO propuesto por Landsteiner y colaboradores, comprobó que la sangre de todo individuo pertenece a uno de cuatro tipos diferentes, estas determinaciones ocurren a través de un proceso de aglutinación, es muy conocido este sistema ya que proviene de análisis de la medicina general y es el sistema ABO, En los glóbulos rojos se ubican los aglutinógenos A o B y en el plasma las aglutininas alfa o anti- b o betas anti-a, donde alfa es específico para la A y beta para la B.

Las pruebas para determinación grupo sanguíneo, se basan en reacciones de tipo inmunológico, que no son más que reacciones de Antígeno-Anticuerpo, por ejemplo, la huella hemática representa el antígeno y el suero indubitado representa el anticuerpo, al reaccionar se produce la reacción que se conoce como aglutinación, realizada en los centros médicos para conocer el grupo sanguíneo de cada persona.

En el caso de la criminalística se trabaja con el plasma porque la hemólisis destruye primero a los glóbulos rojos por lo tanto la lectura de la aglutinación es contraria a la lectura que se realiza en los hospitales con sangre fresca, si se produce una aglutinación con el suero A el grupo sanguíneo es B y viceversa, sino se produce ninguna el grupo es AB y se si produce en la A y en la B el grupo es 0.

Para el procesamiento de la sangre es importante que se encuentre seca y se debe tomar la mayor cantidad posible para la calidad de la reacción.

## Semen

Es el indicio clave en los delitos sexuales pero que no siempre se visualiza en su forma natural como un líquido viscoso blanquesino, por el contrario la mayoría de las veces se presenta mezclados en prendas de vestir que demandan una extracción de las mismas y que en muchos

casos debido a la fragilidad de la célula espermática se desnaturaliza con facilidad, a esto se suma que es un líquido alcalino.

Los espermatozoides se componen de tres partes fundamentales, una cabeza que contiene el núcleo donde se encuentran los cromosomas, esta es la parte fundamental ya que se trabaja con ADN nuclear, por lo tanto el aislamiento de las cabezas de los espermatozoides es un paso decisivo, otra parte es el cuello y la última la cola que le proporciona movilidad<sup>10</sup>.

Dependiendo de la cantidad de esta huella casi siempre mezclada en otro soporte como vestidos o ropa interior, también en el interior de la vagina o mucosa anal se aplicará el método de extracción, incluso en la forma líquida en vagina se debe tener en cuenta que a nivel microscópico existen células de descamación de la vagina de la víctima que tienen ADN y contaminar la muestra de semen, la presencia de material estéril para la manipulación de estos casos es fundamental en el proceso de garantizar la calidad del trabajo pericial.

El tiempo de supervivencia de los espermatozoides es muy variable depende del medio donde se deposite, en vagina se describe que puede durar hasta 72 hora y en región anal menos por lo agresivo de los fluidos, la rapidez con que se actúe es fundamental, insistimos en la limpieza y esterilidad del todo el proceso ya que la acción bacteriana en estos casos es latente y aparte de contaminar atenta contra la celeridad del peritaje.

En el caso de los preservativos que contengan semen en su forma líquida resulta mas seguro y rápido el proceso, se deben cerrar en su parte superior y verterlo en un frasco estéril para el procesamiento.

## Saliva

La saliva es un líquido viscoso, sin olor ni sabor, contiene un 95% de agua, sales minerales y proteínas, se segrega por medio de glándulas que se encuentran en el interior de la cavidad bucal, este fluido no tiene ADN su componente principal en el líquido es el almidón y encimas, pero es muy rico en células epidérmicas que se descaman de los carrillos internos de los labios y la lengua, estos si contienen células con núcleos que contienen ADN. Puede quedar maculada en diferentes soportes como cigarrillos, vasos, botellas, cuerpo de la víctima a través de sugilaciones y mordidas y deposiciones en el piso a modo de escupitazos, la forma de obtención es a través de un guisopo seco estéril cuando se toma la muestra en la persona en el caso de los indicios generalmente se encuentra seca y su detección es en muchas ocasiones a través de la aplicación de lámpara especiales para detectar su fluorescencia ya que contiene mucosidades.

## Pelos y cabellos

El pelo es una formación filiforme de la epidermis que cubre la piel de las personas y los animales, cuando se localizan el cuero cabelludo se le denomina cabello, está formado por folículo piloso, bulba pilosa, músculo erector, raíz del cabello, tallo, glándula sebácea y papila.

El pelo es un indicio de gran importancia forense, entre sus determinaciones se encuentra la especie a que pertenece, el grupo sanguíneo, la traumatología que precisa si fue arrancado, caído, cortado, quemado, intoxicaciones, la región anatómica de procedencia, la raza y por su puesto la determinación más importante el ADN <sup>11</sup>.

El pelo es uno de los indicios que menos se utiliza para este tipo de peritaje, esto se debe a varios factores, primero la mayoría de estos indicios aparecen en forma de arrancamiento, esto impide el acceso al a zona de la raíz donde se encuentra el bulbo y por ende las células, segundo este indicio cuando se presenta es de forma aislada muy escaso que en ocasiones hay que diferenciarlo de otras microfibras porque se confunden, tercero es el costo, cuando se trabaja con el pelo el costo del peritaje se encarece porque se necesita emplear más encimas de restricción para lograr la extensión útil para el peritaje .

## Uñas

El estudio de las uñas nos sirve para determinar el sexo, el grupo sanguíneo, la edad aproximada de la víctima y también a identificar algunas enfermedades que haya podido sufrir.

Las uñas constituyen otro tipo de piel formada por células muertas que tienen gran componente de queratina, estas tienen una consistencia dura dependiendo de su tamaño, la punta es generalmente más seca que el resto y cuando se fricciona con la piel esta decama de epidermis en forma de enrollado dejando expuesta la dermis de la persona receptora de la violencia. Estos fragmentos de tejido debajo del lecho ungueal resultan de vital importancia para los peritos criminalistas, pues a través de frotis o cortes se logran la separación y se analizan para determinaciones donde el ADN es la más importante.

## Células epiteliales

Este tipo de célula se encuentra en la piel en abundancia, su vida media es corta y por esa razón se encuentra en constante regeneración, al ser rica en células estas al roce u otro tipo de trauma fácilmente se desprenden y se adhieren a otra superficie incluyendo otra piel, también se ubican en la saliva como parte de su desprendimiento.

Las células epiteliales mencionadas con antelación constituyen elementos periciales invisibles pero rico en ADN, en el caso de los delitos sexuales con frecuencia las víctimas describen besos, frotamiento de labios y lengua por partes del cuerpo que al aplicarse un guisopo estéril podemos levantarlas y aislar material genético, en las partes de la víctima donde refiere que tuvo contacto, en la colillas de cigarrillos, chicles, bordes de vasos, latas de cervezas,

## ADN forense

La genética forense es una especialidad dentro de la genética que aplica los conocimientos de esta ciencia para desenvolver problemas jurídicos penales y civiles, esta especialidad aporta un elevado porcentaje de esclarecimiento de casos que garantiza al legislador la aplicación debido proceso. Las técnicas se actualizan con cierta sistematicidad, buscan mayor especificación y calidad en el peritaje.

El ADN es un polinucleótido constituido por dos cadenas anti paralelas de unidades de desoxirribonucleótidos unidos covalentemente, dispuestos de una forma complementaria y adoptando una estructura enrollada de doble hélice dextrógira. Las bases que forman los nucleótidos son la adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), es descubierto por Watson y Crick en 1953, este descubrimiento se hizo en el campo de la genética médica.

El descubrimiento en 1984 de regiones mini satélites hipervariables dispersas por el genoma humano que al ser tratadas con enzimas de restricción generaban fragmentos de longitud variable, que se repetían cada determinados fragmentos de ADN de manera idéntica en un individuo y que nunca eran similares a otro determinó el principio exclusivo para identificar, que no se repite ni en gemelos, por lo tanto este fragmento del ADN no es codificante <sup>12</sup>.

Una pequeña parte del ADN es codificante el resto no lo es, esta última admite una gran variabilidad porque no está sujeta a una alta presión selectiva, precisamente esa variabilidad es la que le otorga el valor forense para la identificación.

De esta manera observaron fragmentos de más de 15 longitudes diferentes en una pequeña muestra de individuos. De manera que las diferentes longitudes de los fragmentos originados dependían del número de dichas repeticiones y se les denominó VNTR (“Variable Number of Tandem Repeat”), esto representa la variabilidad única entre las personas de esta parte del ADN que se conoce como la no codificante, quiere decir que esta no codifica a cada gen de la persona, se encuentra compuesta por 15 marcadores.



Esta hiperviviabilidad se presenta entre individuos, sin embargo, en el mismo individuo se mantiene la misma secuencia es constante, esto permite que el la huella genética que se obtiene de la sangre sea idéntica a la que se obtiene en el semen, en la saliva, el bulbo de la raíz del pelo, en huesos de esa persona, razón que justifica la toma de muestra por métodos no invasivos para someter a la comparación los perfiles, en el lugar del hecho se obtiene una huella seminal y yo obtengo una muestra con un frotis de la parte interna de la boca.

Existen dos técnicas usadas para estudiar el ADN en la ciencia forense, la primera consiste un polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción (RFLP), la segunda una reacción en cadena de la polimerasa (PCR) 13.

Generalmente se utiliza el ADN nuclear de la célula por ser más fácil de aislar y obtener pero en las ciencias forenses no siempre resulta presentarse lo sencillo, los casos se presentan con sus propias características como suele ocurrir con mucha frecuencias en indicios y huellas degradadas, por esa razón desde el punto de vista forense es de gran importancia el análisis de ADN mitocondrial (regiones hipervariables HV1 y HV2 en el bucle D) pues es más eficaz en muestras degradadas pero tiene como limitación que este solo lo obtienen las personas de la madre no se hereda del padre en los casos de la paternidad, sin embargo en los casos de putrefactos o restos óseos aportan más elementos que el ADN obtenido de los núcleos de la célula por ser mas inestables.

## **Análisis y procesamiento del Lugar del Hecho**

La escena del crimen o lugar del hecho se le denomina a la enmarcación geográfica donde ha ocurrido un presunto hecho delictuoso, que merece ser tratado con extremo cuidado para obtener de él manera científica y lícita las huellas e indicios que puedan vincular al o los posibles autores y poderlos juzgar por vía jurisdiccional, además este sitio permite esclarecer circunstancias útiles para la investigación.

Desde otra perspectiva se entiende por Lugar de los Hechos el espacio o enmarcación geográfica donde ha ocurrido un hecho presuntamente delictivo que requiere de un tratamiento técnico y científico especial para obtener de él de manera científica y lícita los elementos que incriminen a una persona y poderlo juzgar por vía jurisdiccional, constituye un procedimiento de vital importancia para garantizar la calidad de todo el trabajo que se realice posteriormente, este transita por varias etapas, la primera es la propia preservación del lugar lo que impide la contaminación y adulteración de huellas e indicios.

Deben ser cubiertos por personal especializado todos los indicios y huellas que se encuentren si existiera demora en el trabajo, de manera que no se adultere ni contaminen. La inspección del lugar del hecho debe planificarse para trabajar de manera cuidadosa y planificada garantizando que material pericial que se trabaja en el lugar del hecho se conserve, los peritos deben decidir qué se trabaja en la escena y qué se levanta se embala y se remite al laboratorio previa fijación y filmación, así como se debe describir y rotular cada huella e indicio que se remita a este.

La manipulación dependerá del estado de conservación de las huellas e indicios que se encuentran, su estado físico, la cantidad y calidad de los mismos y la posibilidad de posibles contaminaciones, la preservación hasta que llegue la fase de trabajo en el lugar dependerá de la pericia de las personas que actúan desde el principio y sus habilidades para la conservación del material pericial antes de ser levantado, recordemos que uno de los aspectos más importantes de esta etapa es la cadena custodia de todo lo que se va a levantar y peritar.

### **Toma de muestra en el lugar de los hechos**

Este procedimiento demanda de peritos entrenados en el análisis de patrones en que se pueden presentar las huellas e indicios en el lugar de los hechos, no solo por la cantidad que puede ser muy escasa, sino deben tener la pericia y la intuición para buscarlos y descubrirlos, es necesario recordar que los autores de hechos criminales no exponen sus huellas con facilidad, sino que las ocultan y enmascaran o tratan de limpiarla con sustancias abrasivas que aparte de desaparecerlas las contaminan y destruyen sus principios activos, lo que inhabilita el peritaje, por ejemplo detergentes, solventes orgánicos, entre otros.

En el caso de sangre líquida en una persona o en el occiso se toman aproximadamente 10 ml a cada persona. Esta cantidad puede reducirse en niños pequeños. Tubos utilizados: Estériles. Irrompibles. Deben contener 0.5 ml de E.D.T.A. al 5%. no utilizar otro tipo de anticoagulante. Cerrado hermético. Rotulación indeleble (Nombre, fecha de extracción, número de causa). En el caso de sangre semiseca o líquida que se encuentre los soportes, se levanta en un papel y se deja secar a medio ambiente luego se protege en placas de cristal con tapa conservar a 24-48 hrs: Temperatura ambiente o heladera común (40). Lapso mayor de 3 días: Congelación a -20 ° ó -70°. Descongelar sólo para el procesamiento.

En el caso de delitos sexuales hay que examinar a la víctima y tomarle muestras de varios lugares dependiendo de las particularidades del hecho, por ejemplo, es importante determinar si hubo o no eyaculación y el lugar de la misma ya que la estructura de los espermatozoides es muy frágil y se desnaturaliza con facilidad, no es lo mismo una eyaculación vaginal, que anal.

Los vestuarios son importantes en todos los delitos, pero en este caso más debido al roce que generalmente existe entre la pareja criminal. En los delitos sexuales se presentan tres indicios de interés criminalístico, sangre, semen y pelo o cabello, también hay que considerar las uñas muchas veces utilizadas para defensa de la mujer cuando es agredida.

En el caso de sábanas o vestuario con frecuencia las manchas seminales se encuentran ocultas en el tejido por lo que es necesario el uso de lámparas UV para que estos rayos reaccionen con la espermina y emita su fluorescencia, las muestra se semen en superficies cuyo traslado al laboratorio es imposible se utilizan guisopos secos que se pueden humedecer con solución salina y hacer el frotis de manera suave para no destruir los espermatozoides.

Las metodologías para la recolección y extracción de ADN son muy conocidas, en este aspecto vamos a describir los aspectos esenciales a tener en cuenta en los principales indicios y huellas que nos vamos a encontrar en el lugar del hecho.

La sangre, si se encuentra en el estado líquido pues se embebe en una gasa estéril y se deja secar en un ambiente limpio protegida de contaminación, este es un principio básico que se cumple en todo, recordemos que las bacterias a parte de desnaturalizar la célula aportan su ADN y falsean los resultados, complejizan el proceso de separación y encarecen el peritaje. En el caso de sangres sea esta se descama con una espátula y se vierte en un recipiente, cuando esta mezclada con vestuarios se recomienda el embalaje y envío al laboratorio de la prenda de vestir y allí se realiza la extracción.

El pelo se recoge con pinzas que tengan la punta de goma pues luego de la extracción del material genético este pelo debe ser sometido a otras pericias para determinar circunstancias como envenenamientos, quemaduras, arrancamientos, cortes entre otros. Si la muestra es un sospechoso y se van a hacer otros estudios comparativos es preferible arrancarlo, de lo contrario se procede con el estudio de las células de descamación de la boca como ya hemos mencionado.

El semen con frecuencia se mezcla en sábanas, ropa interior, pañuelos, etc, en este caso si estos soportes son de color blanco o amarillo claro se enmascaran y se necesita aplicar luz alternativa para su visualización con la luz UV, una vez ubicadas se recortan y se vierte este fragmento en solución salina para que se desprendan la células espermáticas que ya se encuentran desflageladas por la lisis, esto significa que ya la cabeza esta libre del cuello y cola.

Las colillas de cigarrillos, chicles, armas blancas, armas de fuego, preservativos y otros soportes se embalan en envoltorios adecuados y se envían al laboratorio, como principio general se debe trabajar in situ en el lugar aquello que por racionalidad no se puede trasladar al laboratorio y exige un screening durante el levantamiento o la inspección ocular del hecho. En el caso de restos cadavéricos depende del estado en que se encuentran, el estado de putrefacción atenta contra todas las determinaciones de la medicina legal, sin embargo, en este caso se puede aislar ADN de músculos y de huesos a nivel de la médula ósea si el caso lo permite, también se extraen piezas dentales para extracciones del bulbo y obtener células. Las uñas son un elemento importante sobre todo en los casos de violaciones y homicidios, con frecuencia la víctima en su acto de defensa provoca excoriaciones en el victimario, lo que deja en la parte inferior del lecho ungueal fragmentos de tejido epidérmico que contienen células de las cuales se puede hacer determinaciones, basta con un raspado y en el caso de cadáveres se deben cortar y hacer el aislamiento en el laboratorio.

Los involucrados en esta actividad deben revisar y actualizarse constantemente debido a las modificaciones de las normas técnicas de las que va a depender los posteriores resultados.

### **Preservación del Lugar del Hecho.**

Hemos hablado de este acápite con anterioridad, pero vamos a enfocar un aspecto que resulta de vital importancia, debemos tener en cuenta que a nivel internacional los peritos especializados no son los que abordan el lugar del hecho desde un inicio, generalmente es la policía local inicia el proceso, desde esta etapa de la investigación se comienza a garantizar la calidad de los resultados finales, la limitación tangible del lugar, la prohibición del acceso de intrusos, la protección de las huellas e indicios que pueden ser contaminados por el medio ambiente o la acción de personas de manera voluntaria o por imprudencias, las pérdidas por el aire o sustracciones, las adulteraciones entre otros son elementos que este personal debe tener en cuenta y ellos requieren de una preparación y tenencia de los medios y recursos técnicos para proceder.

La celeridad resulta un factor primordial en esta etapa de trabajo tanto para la policía como para los especialistas que deben trabajar en lugar del hecho.

## Análisis de muestras y técnicas de laboratorio

El ADN es una molécula muy estable que permite rastrear sus polimorfismos en casi cualquier tipo de muestra biológica que contenga material genético medianamente conservado. Esta es una de sus características que más ventajas representa para la medicina legal, ya que las muestras sobre las que se debe investigar en esta disciplina son de muy diversa procedencia y no suelen ser las mejores por su calidad, sino las posibles. Además de las únicas posibles, son irremplazables por su valor legal.

Para mejor comprensión del tema vamos detallar cómo se realiza la toma y posterior análisis de las muestras a peritar.

En el caso de material cadavérico Huesos (los distintos tipos de hueso pueden ser útiles).

- Dientes en su estado natural.
- Epidermis o dermis en buen estado de conservación, en los casos de putrefactos es preferible músculo estriado porque resiste bastante la putrefacción.
- Pelos.

## INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados tienen que ser correctamente interpretados, basta recordar que los abogados de la defensa en el caso de los victimarios pueden recusar el peritaje ante la duda, en la medida que no se garantice la calidad y transparencia del trabajo pericial. Debemos estar consciente que el material que se amplificó corresponde con el objeto de estudio y no de una contaminación como suele ocurrir en huellas donde se mezclan fluidos con extracciones vaginales. Un amuestra positiva o negativa hasta que no se encuentre verificada su calidad no prueba nada, por ejemplo, se levanta semen de la vagina de una mujer supuestamente violada y el resultado es negativo cuando se compara con la muestra del sospechoso, cabe la duda si se multiplicó una célula de la mujer y no del semen del hombre, o lo mismo ocurre cuando hay eyaculación múltiple en el interior de la vagina de una mujer víctima de varios hombres.

Una vez verificada la rigurosa observancia de los procesos de gestión de calidad a los que todos los laboratorios de genética forense deben apegarse se realiza una comparación para verificar la concordancia entre perfiles genéticos, y establecer si un individuo inculpado es la fuente u origen de una evidencia biológica encontrada en la escena de un crimen.

Un incorrecto procedimiento pericial puede desencadenar una falsa interpretación jurídica, en ambos casos el juez exonera a un culpable o sancionar a un inocente, a la vez que una víctima queda desprotegida de una tutela jurídica.

### **Futuro del ADN con fines forenses**

Es bien conocido que países desarrollados y otros en economías emergentes como Chile trabajan arduamente en el banco genético de los potenciales delictivos, este paso tiene ventajas y desventajas como puede ser la falsificación de huellas en un hecho o la siembra del material genético de una persona para incriminarlo por un hecho que no cometió, de todas maneras, se habla de los biochips.

Las técnicas de análisis genético están direccionada a realizar cientos de interpretaciones a la vez, por lo que eso conlleva a un análisis de un volumen grande de información, que reduzca el tiempo de pericia y que aminoren el costo nada barato de esta técnica, la interdisciplinariedad entre la genética y la informática resulta decisiva en este proyecto.

Desde el descubrimiento del ADN con fines forenses este ha experimentado disímiles de modificaciones y actualización, la demanda cadavez más acelerada, la exactitud y garantía de sus resultados nos dirigen a plantear que la próxima innovación puedan ser los biochips. Los biochips surgen como consecuencia de una combinación entre técnicas microelectrónicas empleadas para la fabricación de microprocesadores informáticos y materiales biológicos.

En la actualidad el perito forense puede dejar más 190 muestras en la técnica de corrida y regresar a las 12 horas para solo leer los resultados, pero los chips minimizarían esta posibilidad con más número de aplicaciones y profundizar en el estudio del polimorfismos del ADN , muy pronto con solo verter la muestra los equipos realizarán la lectura del material haciendo por si solos la multiplicación a través de la PCR, pero esto demanda calidad en los procesos anteriores con las correspondientes certificaciones de calidad.

## CONCLUSIONES

El peritaje de ADN constituye la pericia que demanda mayor control de la calidad debido a la alta especificidad que proporciona en la identificación de personas objeto de investigación criminal, donde su garantía se inicia desde la preservación y conservación del lugar del hecho, así como regirse por un riguroso protocolo de cadena custodia de todo el material pericial que se levante de las escenas del crimen sin presentar una sola discontinuidad y debidamente documentada.

Es responsabilidad de los peritos del Lugar del Hecho hasta los especialistas del laboratorio cumplir los protocolos de actuación supervisado por la Fiscalía, el control de la calidad son procedimientos constantes a realizar los laboratorios centrales de criminalística durante la pericia como garantía en el debido proceso, los altos costos de esta pericia también influyen en la necesidad de aplicar la racionalidad con la que se aplique esta técnica.

La licitud y la fiabilidad de la prueba, a lo largo de todo el proceso con sus procedimientos tiene su fundamento en el respeto a los derechos en el debido proceso, así como en el uso de las técnicas que aseguren su máxima fiabilidad posible igualmente en cada fase con una capacitación constante de los profesionales a cargo. En el caso de las intervenciones corporales cobra especial relevancia el cumplimiento de los requisitos y presupuestos en su realización, y ello en función del principio de legalidad.

Las bases de datos de ADN con fines de investigación criminal en la actualidad constituyen las de mayor interés para los laboratorios forenses. Por la experiencia acumulada de diferentes países que han desarrollado una legislación específica se sabe que la comparación sistemática de los perfiles de ADN provenientes de distintas causas penales estructurados en una misma base de datos, son de gran ayuda a los órganos de gobierno como posible evidencia que permiten una posible resolución en un caso delictivo, pero la conservación por orden jurídica del perfil genético de los detenidos crea inseguridad jurídica y origina desigualdades en el tratamiento de las personas por el ordenamiento jurídico, pues no existe diferencia entre estos y aquellos que nunca han sido detenidos por la policía muchas veces por ineficiencia de este sistema sobre todo en los países del tercer mundo y este puede ser pre o postdelictivo la primera por decisión operativa o administrativa y la segunda como consecuencia de una acción jurídica penal.

## REFERENCIAS

1. Álvarez-Cubero M. Mtnez.-Gonzalez M. Saiz, JC. Álvarez, J. Lorente. Nuevas aplicaciones en identificación genética New applications in genetic identification. *Cuadernos de Medicina Forense Cuad. med. Forense*, 2018, 16(1-2).
2. Gill P. Morling N. Schneider P. The evolution of DNA databases recommendations for new European STR loci. *Forensic Sci. Int.* 2019, 156, 242-244.
3. Bertrand J. Forensic phenotyping: How far along. *Med Sci (Paris)*. 2020 Aug-Sep;36(8-9):813-816. doi: 10.1051/medsci/2020146.
4. Kayser M. Forensic DNA phenotyping: predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes. *Forensic Sci Int Genet* 2015 ; 18 : 33–48.
5. Lautent FX. The future of forensic DNA analysis for criminal justice. *Med Sci (Paris)*. 2017 Nov;33(11):971-978. doi: 10.1051/medsci/20173311014.
6. Francois J. The future of forensic DNA analysis for criminal justice. . 2017 Nov;33(11):971-978.
7. Hadrill P. Developments in forensic DNA analysis. *Emerg Top Life Sci*. 2021 Sep 24;5(3):381-393. doi: 10.1042/ETLS20200304.
8. Parson W. Massively parallel sequencing of forensic STRs: Considerations of the DNA commission of the International Society for Forensic Genetics (ISFG) on minimal nomenclature requirements. *Forensic Sci Int Genet*. 2016 May; 22:54-63. doi: 10.1016/j.fsigen.2016.01.009.
9. Levitt M: Forensic databases: benefits and ethical and social costs. *Br Med Bull* 2007, 83:235–248.
10. Lorente JA, Alvarez JC, et al. Bases de datos de ADN: Su uso en la investigación criminal y en la identificación civil. *Anotaciones prácticas para su desarrollo. Forénsica* 2002; 1:31-44.
11. Gouello A. Analysis of Microbial Communities: An Emerging Tool in Forensic Sciences. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Dec 21;12(1):1. doi: 10.3390/diagnostics12010001.
12. Gill P, Gusmão L, Haned H, Mayr WR, Morling N, Parson W, Prieto L, Prinz M, Schneider H, Schneider PM, Weir BS. DNA commission of the International Society of Forensic Genetics: Recommendations on the evaluation of STR typing results that may include drop-out and/or drop-in using probabilistic methods. *Forensic Sci Int Genet*. 2021; 6:679–688.
13. Jiawen Yang. Could routine forensic STR genotyping data leak personal phenotypic information. *Forensic Science International*. 2022. V 335, 111311

