

IMPORTANCIA DE LA CORRECTA MANIPULACIÓN DE INDICIOS BIOLÓGICOS PARA LA GENÉTICA FORENSE

Importance of the correct manipulation of biological indications for forensic genetics

Hernández-Salas Claudia, Moreno-Longoria Julieta Olarte-Saucedo Maricela, , Meza Lamas Esteban, Flores Treviño Nora Elia
Universidad Autónoma de Zacatecas

olarte61@hotmail.com

Financiación: ninguna

Conflicto de intereses: ninguno

RESUMEN

Introducción. Dentro de las ciencias forenses se encuentra la Genética forense, la cual se basa en el principio de la huella genética. Las pruebas de ADN son consideradas el estándar de oro como evidencia en cierto tipo de casos, especialmente en la identificación. El ADN proporciona esta identidad biológica a los individuos y se puede analizar por diferentes métodos moleculares. **Objetivo.** Conocer la importancia de la correcta manipulación de los indicios biológicos en la genética forense. **Metodología.** Se llevó a cabo una búsqueda de información bibliográfica en bases de datos electrónicos como: Redalyc, Dialnet, Recolecta, Resh, Medline, etc. Esto con la finalidad de encontrar artículos relacionados al tema propuesto. **Resultados.** La Genética forense es una especialidad de la Genética que incluye un conjunto de conocimientos de Genética necesarios para resolver ciertos problemas jurídicos. Los tipos de pericia más solicitados al laboratorio de Genética forense por los tribunales son casos de investigación biológica de la paternidad, pericias de criminalística biológica y finalmente problemas de identificación. Es frecuente que en la escena del crimen sean encontradas muestras biológicas como saliva, semen, sangre, pelos y restos de piel bajo las uñas de las víctimas. A partir de estas muestras se puede obtener ADN de la persona de la cual provienen. Las técnicas de análisis de ADN en todos los procesos incluyen: extracción, cuantificación, amplificación de marcadores genéticos y detección o tipado de ADN. La manipulación correcta de los diferentes tipos de indicios biológicos es muy importante para la obtención de DNA. **Conclusión.** La Genética forense consiste en la aplicación de las técnicas de identificación de individuos basada en marcadores moleculares para resolver temas legales La fuente del DNA son los diferentes tipos de indicios biológicos, tales como sangre, semen, saliva, pelo, etc El levantamiento, el embalaje y el sellado, deben de realizarse correctamente para obtener el análisis del DNA.

Palabras clave: Genética forense, Indicios biológicos, DNA

ABSTRACT

Introduction. Within forensic sciences is forensic genetics, which is based on the principle of genetic fingerprinting. DNA tests are considered the gold standard of evidence in certain types of cases, especially identification. DNA provides this biological identity to individuals and can be analyzed by different molecular methods. **Objective.** Know the importance of the correct handling of biological evidence in forensic genetics. **Methodology.** A bibliographic information search was carried out in electronic databases such as: Redalyc, Dialnet, Recolecta, Resh, Medline, etc. This in order to find articles related to the proposed topic. **Results.** Forensic Genetics is a specialty of Genetics that includes a set of Genetic knowledge necessary to solve certain legal problems. The types of expertise most requested from the forensic genetics laboratory by the courts are cases of biological investigation of paternity, biological criminalistics expertise and finally identification problems. Biological samples such as saliva, semen, blood, hair and skin remains under the nails of the victims are frequently found at the crime scene. From these samples, DNA can be obtained from the person from whom they come. DNA analysis techniques in all processes include: extraction, quantification, amplification of genetic markers and DNA detection or typing. The correct handling of the different

ISSN 2683-2941

Recibido: 13-09-2022 Aceptado: 15-12-22

types of biological evidence is very important for obtaining DNA. **Conclusion.** Forensic Genetics consists of the application of techniques for the identification of individuals based on molecular markers to resolve legal issues The source of the DNA is the different types of biological evidence, such as blood, semen, saliva, hair, etc. The lifting, the packaging and sealing, must be done correctly to obtain DNA analysis.

Keywords: Forensic genetics, Biological evidence, DNA

INTRODUCCIÓN

La genética forense en materia de investigación se aplica fundamentalmente en los estudios comparativos de DNA, para la identificación de las personas a través de indicios biológicos y otros elementos (Crespillo Márquez & Barrio Caballero, 2020). Otros autores establecen que la genética forense es una ciencia multidisciplinaria que abarca los conocimientos de biología molecular, bioquímica y genética aplicados para establecer la identidad de una persona (Crespillo, 2016). La genética forense tiene varias aplicaciones: a) en la resolución de delitos tales como asesinatos o robos al tratar de identificar a los posibles sospechosos. Sin duda es una de las áreas más conocidas por el público en general y ya cuenta con un largo y fructífero historial de éxitos en la resolución de casos complejos; b) en la identificación de cadáveres o restos humanos, que pueden ser de personas desaparecidas o de personajes históricos o de víctimas de grandes

catástrofes, ya sean accidentes o provocados por acciones terroristas. La genética forense permite hoy día identificar cuerpos muy deteriorados; c) en las pruebas de paternidad y también, aunque en menor medida, de parentesco en general. Es un área de gran importancia en medicina legal, dado que los marcadores basados en el ADN han permitido mejorar mucho la capacidad de resolución respecto a la proporcionada por los métodos clásicos basados en los grupos sanguíneos u otras proteínas de los fluidos corporales; d) en el interés legal en la identificación de diferentes especies, con el objetivo por ejemplo, de seguir la pista a cepas de microorganismos utilizadas en actos bioterroristas (Decanine, 2016).

OBJETIVO. Conocer la importancia que tiene la correcta manipulación de los indicios biológicos en la genética forense

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una búsqueda de información bibliográfica en bases de datos electrónicos como: Redalyc, Dialnet, Recolecta, Resh, Medline, etc Se definieron criterios de inclusión y exclusión (de la importancia de los indicios biológicos en la

genética forense) y un conjunto de variables para analizar las características de los artículos seleccionados en genética forense, tipos de indicios biológicos, operaciones en la colección de indicios biológicos, el traslado de los indicios biológicos, entre otros.

RESULTADOS

La Genética forense es una rama de la Genética que incluye un conjunto de conocimientos de Genética necesarios para resolver ciertos problemas jurídicos. Los estudios más requeridos al laboratorio de Genética forense por los tribunales son en casos de investigación biológica de paternidad, en criminalística biológica por ejemplo estudio de vestigios biológicos de interés criminal como manchas de sangre, espermatozoides, pelos, etc., y finalmente problemas de identificación. La Genética forense consiste en la aplicación de las técnicas de identificación de individuos basada en marcadores moleculares para resolver temas legales (Carracedo, Salas, & Lareu, 2010).

Para identificar a una persona desde el punto de vista genético (es decir, conocer su perfil genético) no es necesario conocer todas las

secuencias de ADN de todos los cromosomas del individuo, sino que conociendo un grupo concreto de secuencias (que se denominan marcadores genéticos) es suficiente para saber su perfil. Por suerte, el análisis de un conjunto limitado de marcadores genéticos concretos simplifica en gran medida el trabajo a efectuar. Los marcadores genéticos más utilizados en la actualidad son: STR (short tandem repeats o secuencias cortas repetidas en tándem, también denominados microsátélites), SNP (single nucleotide polymorphism o polimorfismos de nucleótido único) y el ADNmt (ADN mitocondrial, que se obtiene a partir del orgánulo celular denominado mitocondria) (Crespillo Márquez & Barrio Caballero, 2020), (Pellegrino & Crespillo-Márquez, 2021).

Importancia de los diferentes indicios biológicos en la investigación

- 1. La sangre.** Es uno de los indicios que se encuentran con mayor frecuencia en la mayoría de delitos violentos, por lo que su estudio es invaluable. La sangre suele ser comúnmente utilizada para identificación, pero los rastros de la misma en la escena del crimen, pueden aportar información valiosa, respecto a cómo y con qué instrumento hirió el agresor a la víctima. Las manchas de sangre son un gran elemento de importancia en la reconstrucción de la dinámica de los acontecimientos violentos. En casi todas las escenas del crimen contra las personas (homicidio, lesiones, abuso, accidentes, etc.) están presentes. Teniendo en cuenta estas trazas, es posible extraer información que podría ser decisivo en la investigación policial (Sniegovski, Bortolatto, & Formolo, 2016).
- 2. Semen.** El semen, es uno de los fluidos biológicos más comúnmente encontrados en la escena o el lugar de los hechos cuando se trata de delitos sexuales. Estos indicios adquieren gran importancia en el desarrollo de las investigaciones forenses basada en la inmediata actuación de los peritos de criminalística de campo en la

búsqueda y colecta de fluidos biológicos (Fuentes, 2022). El espermatozoide se puede encontrar como mancha o fluido sobre las ropas, sobre el propio sospechoso o sobre la víctima, está constituido por fructosa, prostaglandinas, aminoácidos, fósforo, potasio, hormonas. Una célula espermática contiene un alto contenido de material genético por lo que es una prueba bastante significativa para resolver delitos sexuales. El líquido espermático también está constituido por espermatozoides, células propias del epitelio uretral y plasma seminal (Bouvet *et al.*, 2017).

- 3. Pelo.** El análisis del pelo como evidencia forense en una escena de crimen, es una herramienta de suma importancia, ya que de manera macroscópica es imposible evidenciar características propias del pelo, tales como la presencia o ausencia de médula, pigmentación, patrón que exhibe el canal medular, el cual permite determinar la posible especie animal a la que pertenece. Pero mediante la observación al microscopio es posible encontrar elementos que contribuyan al esclarecimiento del hecho delictuoso, tales como adherencias ó inclusiones,

las cuales podrían estar relacionadas con la víctima o el agresor (Ruíz *et al* 2012).

4. Piel. La piel protege la red de músculos, huesos, nervios, vasos sanguíneos y todo lo que hay dentro del cuerpo. Los párpados tienen la piel más fina y las plantas de los pies, la más gruesa (Dorado, J. G., & Fraile, P. A. (2021). Debido a que tiene núcleo, a diferencia de las células hemáticas, estas son una fuente adecuada para estudio de ADN. Este tipo de muestras se analiza principalmente de restos cadavéricos ya que en los cadáveres es difícil obtener una muestra hemática.

5. Tejido óseo. El tejido óseo está compuesto por sales de calcio precipitadas, fundamentalmente en forma de cristales de hidroxiapatita y por una parte orgánica, colágeno, mucopolisacáridos sulfatados y algunas glucoproteínas. Las células óseas que se obtienen de este tipo de indicios son las que se encuentran en donde hubo más actividad celular ya que son los que tienen mayor contenido de ADN (médula ósea),

Los huesos con abundante médula son el fémur, la tibia, húmero, esternón o costilla. También la odontología forense ha sido de gran utilidad a través del tiempo como parte de la identificación de víctimas, agresores y cadáveres aún no identificados, en especial dentro de catástrofes naturales y homicidios. Los dientes ofrecen una estupenda fuente de ADN. La corona anatómica del diente está recubierta por un tejido inerte, duro y acelular denominado esmalte. La mayor cantidad de células nucleadas (y por tanto de ADN) en el diente, se encuentra situada precisamente en la zona más interna de los dientes (pulpa), rodeadas por una dura matriz inorgánica que le proporciona una eficaz protección a todos los agentes externos químicos, físicos y biológicos (De la Garza *et al.*, 2019).

6. Saliva. La saliva es un líquido de la cavidad bucal, producido por las glándulas salivales, transparentes, de viscosidad variable, compuesto principalmente por agua, sales minerales y algunas proteínas. La saliva en sí no presenta contenido celular, pero la saliva se encuentra en

un medio lleno de células epiteliales (epitelio bucal). El análisis de la saliva encontrada en un escenario de un crimen o delito puede arrojar luz determinante a la hora de realizar una investigación. De hecho, uno de los datos más importantes que aporta es el grupo sanguíneo de la persona que ha dejado la muestra. Es por ese motivo, que en la fase de recogida de pruebas deban tenerse en cuenta los objetos en los que probablemente se encuentren un elemento biológico: sobres, sellos, cigarrillos, vasos o cubiertos, prendas que han sido utilizadas para amordazar a una persona secuestrada, por ejemplo, o víctima de un robo con violencia (Duarte 2022).

Importancia de la cadena de custodia en los indicios biológicos

La cadena de custodia de las pruebas de ADN como procedimiento de garantía control de la prueba, se realiza en un tracto sucesivo de cuatro fases, cuya primera y principal fase lo constituye la obtención de las muestras de ADN, y a su vez la primera sub fase está formada por la localización, hallazgo y recogida de muestras de ADN. Siendo esta primera sub fase de esencial importancia en el procedimiento criminal, en

la cual se realizan las operaciones necesarias para conseguir la eficacia probatoria, debiendo efectuarse de forma lícita y lo más fiable posible.

La cadena de custodia es un sistema establecido por la norma jurídica, cuyo objetivo es garantizar la integridad, conservación e inalterabilidad de las evidencias y/o muestras, desde el momento que han sido colectadas en el lugar de los hechos, hasta que sean presentados en los estrados judiciales como medio de prueba. La cadena de custodia como sistema, garantiza la autenticidad de las evidencias colectadas y/o muestras tomadas y su respectivo estudio, es decir, que estas correspondan al caso investigado, sin que dé lugar a confusión, alteración, ni sustracción alguna. La cadena de custodia se inicia con la colecta de las evidencias, desde el mismo momento en que se conoce el hecho presuntamente delictuoso, en la escena de los hechos y finaliza ante el juez o tribunal que conoce la causa. (López Arce, 2018).

Operaciones en la colección de indicios biológicos en la escena del crimen

Los indicios biológicos se deben enviar a la brevedad posible y en condiciones de preservación (Medina Alegría, 2000). Para que el análisis de los indicios biológicos en el

laboratorio se lleve con éxito, se deben seguir de una manera correcta los siguientes pasos:

Levantamiento. El levantamiento es una acción de orden técnico, y como principio necesario para no contaminar los diversos rastros, se deben usar guantes desechables, ya sean de hule o de polietileno. También se deben utilizar otros instrumentos como: pinzas de metal, algodón esterilizado, papel filtro, agua destilada, solución salina, tubos de ensayo, cajita de lámina o cartón, cordones, tablas cuadradas de 8 x 8 cm, todo de acuerdo con lo que se vaya a levantar.

Embalaje. Este término se refiere a la maniobra que se hace para guardar, inmovilizar y proteger los indicios dentro de algún recipiente protector. Es importante proteger los rastros en recipientes propios a efecto de que lleguen sin contaminación al laboratorio de Criminalística, para que los resultados de su análisis y estudio sean auténticos y confiables.

Etiquetado. El etiquetado es la operación final que se efectúa con el objeto de reseñar el lugar de procedencia del rastro en cuestión. El etiquetado debe llevarse a cabo en todos los casos separando un indicio de otro, es decir, individualizándolos y adjuntándoles una

etiqueta que mencione lo siguiente: a) el número de acta o de averiguación previa, b) el lugar de los hechos, c) la hora de la intervención, d) la clase de indicio, e) el lugar preciso de donde se recogió, f) las huellas o características que presenta, g) la técnica de análisis a que debe ser sometido, h) fecha, nombre y firma del investigador que los descubrió y los suministró al laboratorio. (Villareal et al 2009)

Transporte de los indicios biológicos al laboratorio

El transporte del indicio, del lugar de los hechos hacia el laboratorio o a un almacén antes del análisis, es necesario que se encuentren en condiciones adecuadas; debe ser un lugar fresco, seco, un acceso en condiciones de seguridad y controlado, ya que cualquier elemento que se degrade o afecte en su valor biológico el indicio en el laboratorio, será responsabilidad del encargado del almacén o laboratorio (Barreno Soto, 2013).

Contaminación biológica de origen humano

Este tipo de contaminación se produce por la presencia, en la escena del delito o en el cuerpo de la víctima, de indicios biológicos no relacionados con los hechos y puede ser

anterior o posterior a la producción de los mismos. La contaminación biológica anterior a los hechos se debe a la presencia de material biológico humano previo a la producción del delito, por lo que es inevitable. Suele ser frecuente en algunos tipos de muestras como las toallas o los paños de cocina, que son muestras en las que por su propia función suelen encontrarse restos de células epiteliales, manchas de sangre, sudor etc. Otras muestras en las que también es frecuente que exista una contaminación previa a los hechos son las tapicerías, alfombras, fundas de asientos en los coches etc. Por ello es muy importante establecer el valor de los indicios recogidos en este tipo de muestras y de los resultados obtenidos a partir de ellos. En el cuerpo de la víctima también podemos encontrar material biológico anterior a la producción de los hechos realizados por la víctima (James et al 2005).

Contaminación física y química de los indicios biológicos

Contaminantes físicos y/o químicos pueden dificultar algunos de los procesos del análisis genético, fundamentalmente los procesos de amplificación y extracción de ADN. Estos pueden ser inherentes a la propia muestra, cuando el producto químico forma parte del soporte o sustrato donde cae la mancha como

son tintes, colorantes, pinturas, esmaltes, aceites, o bien, cuando las muestras son sometidas a la acción de productos químicos como ropas lavadas con lejías y detergentes, en estos casos suele ser inevitable, salvo que la mancha afecte a distintos soportes y haya posibilidad de seleccionar alguno que no haya sufrido este tipo de tratamientos. O pueden ser provocados con sustancias del mismo color de la sangre que son mezclarlas con las manchas o cuando las muestras se envían inmersas en productos conservantes o han sido tratadas con productos como en la utilización de reveladores de huellas dactilares que pueden afectar al análisis de los indicios biológicos (James et al 2005).

Procesamiento de los indicios biológicos para obtener DNA en el laboratorio de genética forense

Es importante mencionar que los distintos procedimientos empleados para recuperar el material genético dependerá de la naturaleza de los indicios. Una vez en el laboratorio se procede a lo siguiente:

a) Extracción de ADN. Consiste en separar la molécula de ADN del resto de componentes celulares. Se trata de un paso fundamental en el análisis genético de muestras forenses, pues el éxito del estudio

puede verse afectado en gran medida si no se realiza un buen aislamiento de la molécula. Existen gran cantidad de sustancias que pueden interferir en este proceso, bien de los propios reactivos utilizados durante la extracción o bien de los soportes en los que se encuentran situados las manchas biológicas (Alvarez, 2015).

En general, todas las técnicas de biología molecular comienzan obteniendo el ADN molde. Sin embargo, lo excepcional en genética forense respecto a otras áreas como la biomedicina y que se puede considerar un arte, es que, los forenses obtienen ADN de una infinidad de fuentes biológicas muchas veces no imaginadas, como chicle, manchas, pintalabios, una tasa, una botella con agua, un pasamontaña, restos calcinados, un rastrillo, cepillo de dientes, etc.

(Sambrook et al 1989).

b) Cuantificación de ADN: Cuando se ha finalizado la extracción se realiza la cuantificación para saber qué cantidad de ADN se ha logrado aislar y en qué estado se encuentra (completo o roto) (Alvarez, 2015). Una de las técnicas más sencillas es la espectrofotometría, la cual se puede realizar con cantidades mínimas de muestra. Además de la concentración, se estima la pureza del ADN en cuanto a la presencia de sales o

proteínas que pudieran interferir posteriormente para obtener un perfil genético (Sambrook et al 1989).

Sin embargo, para los genetistas forenses esta técnica puede no ser suficiente ya que además del contexto criminal del que se trate, hay que considerar que pueden ser mínimas lo que limita los ensayos o repeticiones que se pueden hacer. Por ese motivo, las muestras forenses suelen cuantificarse por medio de PCR en tiempo real (Bulter, 2005).

c) Amplificación de ADN: consiste en copiar muchas veces el fragmento concreto de ADN que se quiere estudiar para obtener una cantidad adecuada que permita su detección. Este proceso se denomina PCR (polymerase chain reaction) y gracias a él se pueden analizar pequeñas cantidades de muestra biológica. Normalmente se amplifican varios fragmentos de ADN en paralelo para evitar agotar la muestra y para conseguir una mayor rapidez en el análisis (multiplex PCR). Actualmente la técnica de PCR en genética forense ha sido mejorada ya que incluye varios pares de *primers* para amplificar de 15 a 24 marcadores simultáneamente, en la llamada PCR múltiplex, la química de amplificación de los kits comerciales para perfiles genéticos ha mejorado de forma importante, haciéndolos más resistentes a los

inhibidores que suelen contener las muestras biológicas de casos forenses, propios del suelo, sangre coagulada, etc. (Alvarez, 2015).

d) Detección del producto amplificado o tipaje: esta es la fase final del análisis molecular y es la que permite caracterizar y clasificar los fragmentos de ADN estudiados en cada muestra para diferenciar unas de otras (Alvarez, 2015).

Aplicaciones del perfil genético

Desde el punto de vista forense, el perfil genético puede utilizarse para dos aplicaciones fundamentales:

DISCUSIÓN

En base a la investigación realizada, es importante mencionar la importancia que tiene la manipulación correcta de los indicios biológicos como prueba para casos de impartición de justicia. Como sabemos el DNA es la carta de presentación individual de cada persona, esto se debe a que ciertas regiones de nuestro genoma son altamente variables y así podemos asignar un genotipo a cada individuo. Por lo anterior, es preciso normar y documentar sobre la colecta y toma de muestras, ya que puede existir

1. La determinación biológica de parentesco. Establece que la constitución genética de un individuo es resultado de la herencia genética obtenida de los progenitores, por lo que la perfilación genética nos ayuda a establecer cuál de esos dos marcadores tiene un origen paterno o materno.

2. La identificación humana en investigaciones judiciales. En este caso, la total correspondencia del perfil genético de un sospechoso, con el perfil genético de un indicio recuperado en el lugar de los hechos, debe ser total para cada marcador genético analizado y comparado (De la Barrera, 2018).

desconocimiento de procedimientos para la recolección, envase, preservación, identificación y envío, para evitar la pérdida, degradación y contaminación de muestras.

En los últimos años la genética forense ha alcanzado un gran avance con el desarrollo de técnicas moleculares que actualmente permiten analizar evidencias con una cantidad mínima de DNA. Consideramos sería muy importante la creación de una base de datos en México que permita tener un registro genético de cada persona, así como

las reformas en los protocolos forenses que puedan garantizar de una mejor manera la colecta de muestras de la escena del crimen minimizando así la probabilidad de contaminación de las muestras biológicas. De la Barrera, 2018 menciona también sobre

las ventajas que presenta el análisis forense del ADN, resaltando la importancia de la aplicación de la genética forense de diversas maneras.

CONCLUSIONES

La genética forense es el análisis de los polimorfismos responsables de la variabilidad genética en la población humana aplicados a los problemas judiciales. Las aplicaciones del análisis del ADN en materia de identificación genética son muy numerosas, se pueden mencionar algunas: diagnósticos de parentesco, identificación de sospechosos de delitos, identificación de personas desaparecidas, identificación de cadáveres en accidentes, cadáveres en catástrofes y otras aplicaciones de características clínicas. La fuente del DNA son los diferentes tipos de indicios biológicos,

tales como sangre, semen, saliva, pelo, etc. Una vez que se reconocen los indicios, se utilizan métodos de recolección y embalaje adecuado; cada elemento probatorio se etiqueta y sella. El procesamiento a seguir con los diferentes indicios para la obtención de DNA el laboratorio de genética forense es muy importante, desde la obtención, cuantificación y análisis del ADN. En la actualidad, las bases de datos de ADN con fines de investigación criminal son actualmente las de mayor interés para los laboratorios forenses..

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, D. T. (2015). El análisis de muestras en el proceso penal. Trabajo de fin de grado.
- Barreno Soto, G. d. (2013). Tesis de grado "MANEJO Y TIPOS DE INDICIOS PERECEDEROS EN LA ESCENA DEL CRIMEN". GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN: FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES.
- Bouvet, B. R., Paparella, C. V., Ombrella, A. M., & Pavesi, A. B. (2017). Marcadores bioquímicos de plasma seminal y su aplicación en el laboratorio forense para detectar semen en manchas. Universidad Nacional de Rosario.
- Bulter, J. M. (2005). Forensic DNA Analysis Typing, Biology and Technology behind STR (2th ed.). U.S.A.: Academic Press
- Carracedo, A., Salas, A., & Lareu, M. V. (2010). Problemas y retos de futuro de la genética forense en el siglo XXI. Cuadernos de Medicina Forense, 31-35.
- Crespillo Márquez, M. C., & Barrio Caballero, P. (. (2020). Genética forense: Del laboratorio a los tribunales. Buenos Aires: Diaz de Santos.
- Crespillo, M. (2016). Técnicas de biología molecular y genética aplicadas a la resolución de casos forenses: pasado, presente y futuro (Seminaris Tecnològics 2016). Barcelona España : Universitat de Barcelona. Facultat de Farmàcia.
- Decanine, D. (2016). O papel de marcadores moleculares na genética forense. Revista Brasileira de Criminalística, 5(2), 18-27.
- De la Barrera, D. (31 de octubre de 2018). Introducción a la Genética Forense. Parte 3. Aplicaciones en Materia Civil y en Materia Penal en México. México.
- De la Garza Kalife, R. M., Mandujano, A. N. R., & González, F. G. G. (2019). La importancia de la Odontología Forense en la identificación de individuos. Revisión bibliográfica. Revista Mexicana de Estomatología, 6(1), 59-63.
- Duarte Andrade, O. O. (2022). Importancia de la práctica forense, en la determinación de causas de muerte (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.).
- Fuentes, L. R. G. (2022). Identificación de vestigios de semen en casos de delitos sexuales y su importancia en la investigación forense en Panamá. Revista Cathedra, (17), 30-42.
- James, S. H., Kish, P. E., & Sutton, T. (2005). Principios del análisis del patrón de la mancha de sangre. Boca Raton: CRC Press.
- López Arce, K. V. (Octubre de 2018). Propuesta de Manual para la recolección, manejo, conservación, identificación y envío de muestras de interés forense para las pruebas de ADN. (U. M. ANDRES, Ed.) La Paz,

- Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/19765/TD-1939.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medina Alegría, S. M. (2000). Introducción a la Criminología. México: Sistema Nacional de Seguridad Pública.
- Pellegrino, J. A., & Crespillo-Márquez, M. (2021). El genoma humano y el desarrollo de la genética forense. *Revista de la Asociación Médica Argentina*, 134(2), 21-25.
- Ruíz, D. N. E. R., Zurita, D. G. M., & Galaviz, A. C. (2012). Importancia del microscopio en el análisis de pelos en la Criminología y en la Criminalística. *Revista de la Escuela de Medicina Legal*, (19), 18-23.
- Sambrook, J., Fritsch, S., & Maniatis, T. (1989). *Molecular Cloning. A laboratory manual*. N.Y: Cold Spring Harbor Laboratory Press
- Sniegovski, M. M., Bortolatto, J. M., & Formolo, F. (2016). Manchas de Sangre: El análisis de su patrón en la escena del crimen. *Skopein: La justicia en manos de la Ciencia*, (14), 6-18.
- Villarreal Sotelo, K., Alfaro Bustos, G., Vargas Orozco, C. M., & Durán Rivas, H. (2009). La ciencia resuelve crímenes: Los indicios biológicos son determinantes en la identificación de víctimas y victimarios. *Revista Ciencia UAT*, 54-57.