

OPINIÓN

Genealogía genética forense en Latinoamérica: Reflexiones sobre su utilidad

Forensic genetic genealogy in Latin America: An assessment of its potential and challenges



Víctor Daniel Carrillo Rodríguez¹: <https://orcid.org/0000-0002-3113-1364>
José Alonso Aguilar Velázquez²: <https://orcid.org/0000-0002-5346-5595>
Héctor Rangel Villalobos²: <https://orcid.org/0000-0003-2641-8782>



^{1,2}Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Maestría en Genética Forense e Identificación Humana, Guadalajara, México, ³Universidad de Guadalajara, Instituto de Investigación en Genética Molecular (IIGM), Centro Universitario de la Ciénega, Guadalajara, México.

Correspondencia a: hector.rangel@academicos.udg.mx

RESUMEN

La Genealogía Genética Forense permite establecer relaciones parentesco lejanas mediante la búsqueda en bases de datos públicas con perfiles genómicos y el análisis genealógico, esto con el fin de resolver casos pendientes de crímenes de identificación de personas desaparecidas.

El desarrollo de la Genealogía Genética Forense en Latinoamérica, y en particular en México, sería de gran apoyo para evitar el gran rezago forense que vive el país. Sin embargo, su implementación práctica presenta una serie de retos, como aumentar el número de personas pertenecientes a grupos originarios de Latinoamérica en bases de datos como GEDmatch, para mejorar las posibilidades de identificación.

En contraparte, se plantea integrar datos de estudios genómico-poblacionales ya realizados en Latinoamérica, para mejorar los alcances de la Genealogía Genética Forense, al permitir relacionar el origen geográfico de un indicio forense. Se ofrece información a quienes se realizan un análisis genómico para que comprendan como pueden aportar a la impartición de justicia de su país, al darse de alta en base de datos como GEDmatch, y lo que implica tanto para el interesado como para su parentela.

Palabras clave

Genética Forense; Genealogía y heráldica; Sistemas de Administración de Bases de Datos.

Keywords

Forensic Genetics; Genealogy and Heraldry; Database Management Systems.

Citar como

Carrillo Rodríguez VD, Aguilar Velázquez JA, Rangel Villalobos H. Genealogía genética forense en Latinoamérica: Reflexiones sobre su utilidad. Rev. cienc. forenses Honduras. 2025;11(1): 37-45. doi:10.5377/rcfh.v11i1. 21378

Historia del artículo

Recepción: 20 -3- 2025

Aprobación: 23 -05- 2025

Declaración de relaciones actividades financieras y conflictos de interés

Ninguno

Agradecimientos

No declarados

ABSTRACT

Forensic Genetic Genealogy enables the identification of distant relatives through public genomic databases and genealogical analysis, offering a valuable tool for solving criminal cases and identifying missing persons. FGG development in Latin America—particularly in Mexico—could help alleviate the region's severe forensic backlog. However, practical implementation faces challenges, including the underrepresentation of Latin American and Indigenous populations in databases like GEDmatch. Integrating existing population-genomic data from Latin America could enhance its effectiveness by enabling geographic origin inference of forensic evidence. Educating individuals undergoing genomic testing about the potential judicial value of sharing their data—and its implications for them and their relatives—is essential for ethical and impactful application.

INTRODUCCIÓN

La identificación humana consiste en la comparación de dos perfiles genéticos provenientes de:

1) una muestra problema, la cual puede ser de un indicio encontrado en la escena de un crimen en casos penales, o de una muestra sin identificar con ningún parentesco conocido; y 2) una muestra de referencia conocida ya sea de un presunto culpable o de una persona probablemente emparentada con la muestra problema. Las tecnologías para establecer el parentesco entre dos personas han evolucionado de forma importante en los últimos años para dar lugar a la Genealogía Genética Forense (GGF), la cual ha hecho posible establecer parentesco lejano entre diversas personas para resolver casos inconclusos, ya sea en el ámbito criminal, en la identificación de personas desaparecidas o en investigaciones de índole personal. La GGF ha logrado esto gracias a la disponibilidad de grandes bases de datos (p. ejem. FamilyTreeDNA o GEDmatchPro, o DNASolves), con perfiles genómicos que incluyen una densa cantidad de información útil para su comparación, y completando el análisis con registros genealógicos. De manera que la GGF se visualiza como una excelente herramienta de apoyo para la impartición de justicia social,

al brindar respuestas a los familiares de las víctimas de casos que podrían caer en el olvido por falta de un perfil genético de referencia. Sin embargo, por más idóneo que parezca, existen algunos factores que impiden la extensa aplicación de esta tecnología, en particular en México y Latinoamérica.

El objetivo de este artículo es brindar un panorama general sobre la GGF, buscando crear conciencia sobre sus beneficios y limitaciones, particularmente para tomar la decisión de participar con nuestro perfil genómico en alguna base de datos poblacional en apoyo a la impartición de justicia.

Genomas y genealogía

El genoma personal proviene de nuestros padres, es la información genética completa que heredamos de papá y mamá, quienes a su vez recibieron el genoma de sus padres, es decir, de nuestros cuatro abuelos (paternos y maternos); a su vez, ellos lo recibieron de nuestros ocho bisabuelos, de manera que cada generación se suman dos ancestros por cada persona dentro un árbol genealógico¹, (**Figura 1**). Para la mayor parte del genoma humano, excluyendo al DNA mitocondrial y a los cromosomas sexuales, la herencia del material genético materno y paterno en cada generación se recombina (o mezcla) de manera aleatoria, razón por la que dos personas hijas de los mismos padres no son idénticos, pero sí comparten más ADN que dos personas tomadas al azar en una población². La genética estudia tanto la herencia como la variación de rasgos biológicos. Cuando la información genética permite identificar indicios de un caso criminal o personas, para establecer el parentesco entre ellas en la resolución de casos legales, se denomina genética forense^{1,3-6}. La similitud del genoma humano entre individuos tomados al azar se estima en alrededor del 99.6%;

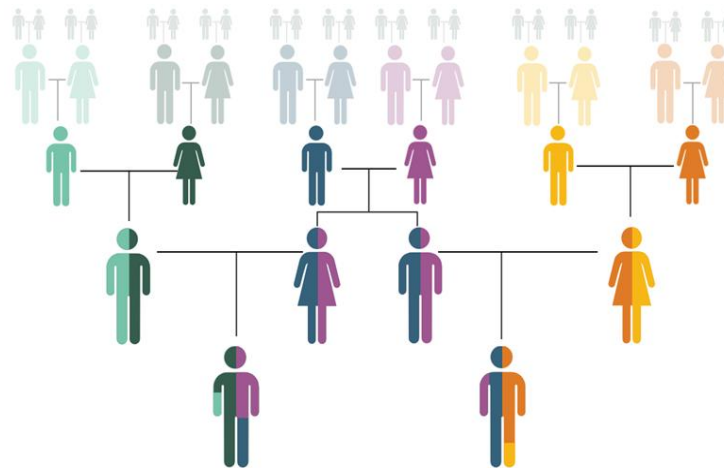


Figura 1. El genoma se hereda de generación en generación dentro de un mismo linaje. Nótese cómo por cada individuo hay dos ancestros en común, y así sucesivamente (Imagen de autores).

esto significa que las variantes distribuidas a lo largo del genoma humano que son responsables de nuestra individualidad constituyen solo un 0.4% de nuestro genoma⁷. Las variantes genéticas, también descritas como polimorfismos, constituyen marcadores moleculares de referencia para la comparación entre individuos al diferenciar el origen de fragmentos cromosómicos y cromosomas completos de los individuos entre sí⁴. En contraparte, la similitud entre individuos evidenciada por los marcadores moleculares es útil para establecer el posible grado de parentesco que los une ^{1,4}.

Los marcadores más utilizados en estudios genómicos y de genealogía forense son las variantes de un solo nucleótido (e.g. G→A), ampliamente conocidas como SNVs (siglas en inglés de Single Nucleotide Variants), o SNPs (siglas en inglés de Single Nucleotide Polymorphisms)^{4,5,8}. El análisis genómico de centenas de miles de SNVs se realiza mediante las técnicas de microarreglos y de secuenciación masiva en paralelo o MPS (siglas en inglés de Massively Parallel Sequencing)⁸.

Este análisis masivo de SNVs hace posible identificar segmentos cromosómicos que indican un ancestro común entre individuos, por lo que se conocen como segmentos IBD (siglas en inglés de Identical By Descent)⁴. Debido al proceso de recombinación y segregación aleatoria de la información genética durante la formación de los gametos (óvulos y espermatozoides de mamá y papá, respectivamente), el número y longitud de estos segmentos cromosómicos IBD disminuye conforme aumenta el número de generaciones que separa a dos personas emparentadas (**Figura 2**). La suma total de segmentos IBD entre dos individuos indica el grado de parentesco entre ellos ⁴.

La genealogía genética (GG) analiza la información genómica para identificar segmentos cromosómicos IBD entre individuos incluidos en varias bases de datos de distintas poblaciones, con el fin de establecer relaciones familiares separadas por varias generaciones^{4,5}. La GG permite evidenciar parentesco entre individuos que suelen desconocer dicha relación, lo cual puede ser útil no solo en la investigación criminal, sino también en caso de adopción o de

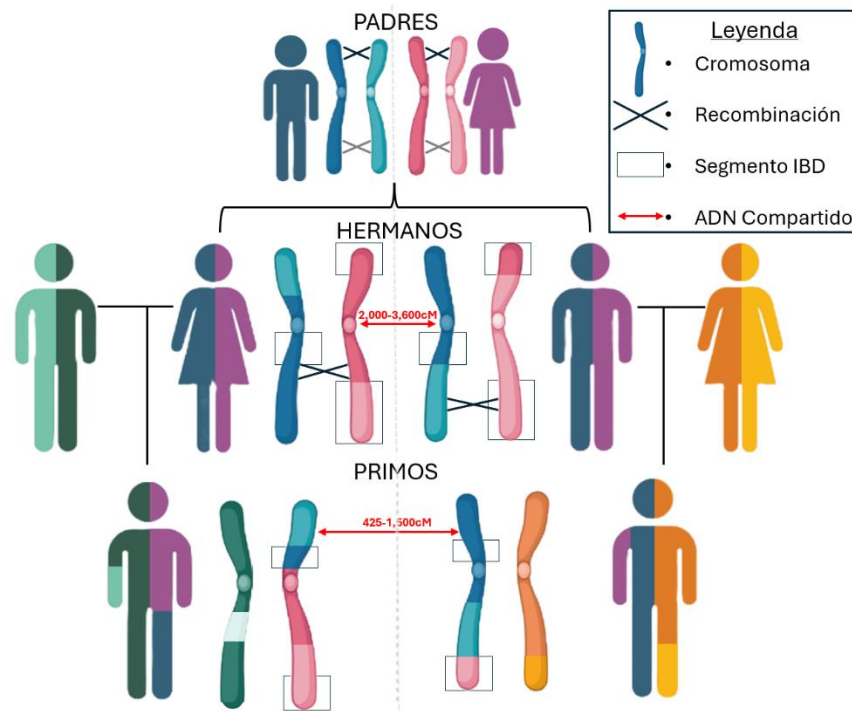


Figura 2. Formación de segmentos cromosómicos IBD (identical by descent) se van haciendo más pequeños por la recombinación aleatoria con el paso de las generaciones. (Modificado a partir de Greytak et al., 2019 ⁵). La longitud de los segmentos IBD se reporta en centimorgans (cM).

reunificación familiar, entre otras^{1,6}.

Para los fines de la Genealogía Genética Forense (GGF), la muestra inicial proviene de un indicio forense, es decir, algún material biológico extraído de una escena del crimen o cualquier otro caso legal, pero se suelen analizar marcadores genéticos tradicionales (p. ejem. STR) y se hacen comparaciones con bases de datos restringidas (como el CODIS en EUA), ya sea de la persona implicada o de un familiar directo para lograr la identificación ^{1,5}.

Servicio de análisis genómico y origen biogeográfico

El interés para obtener el perfil genómico personal surgió inicialmente por conocer más sobre nuestros orígenes biogeográficos, ya sea a nivel continental (p. ejem., europeo, nativo-americano, africano, asiático), e incluso de alguna población específica (p. ejem., Inglaterra, España, Senegal, China, etc.,). Es decir, con el perfil genómico se determinaban los componentes ancestrales del individuo (**Figura 3**) ^{6,8,9}.

El análisis biogeográfico se realiza comparando la información personal del individuo, incluyendo las regiones cromosómicas IBD, con individuos de bases de datos genómicas, ya existentes, de diferentes poblaciones y continentes.

La similitud entre regiones IDB de un individuo con las personas de una base de datos de una población particular,

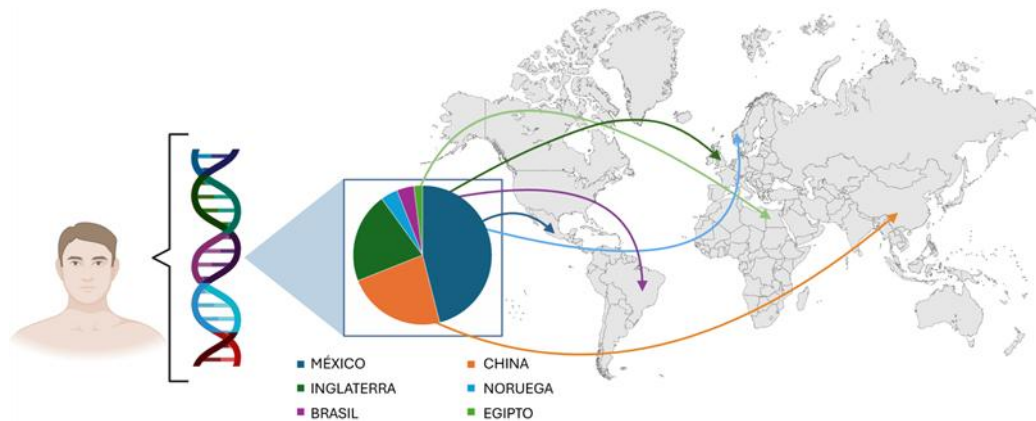


Figura 3. Ejemplo de resultados del origen biogeográfico o ancestral de una persona mediante el análisis genómico (imagen de autor).

permite establecer su origen (parcial) en dicha población ⁴. Existen diversas compañías que ofrecen el servicio de análisis genómico, las cuales cuentan con las bases de datos que suman alrededor de 40 millones (M) de usuarios registrados, entre las más famosas están: FamilyTreeDNA (~1.7M), 23andMe (~12.8M), Ancestry DNA (~21M) y MyHeritage (~6 M)⁸. Posterior al consentimiento por parte de cada usuario, sus resultados genómicos son cargados a las bases de datos en línea de la compañía contratada para el análisis ^{6,8}. Gracias a la gran cantidad de información de personas y poblaciones acumulada con el paso del tiempo, pudo desarrollarse lo que hoy conocemos como GG, la cual usa estos registros genéticos para establecer parentesco entre individuos mediante la búsqueda de coincidencias en estas bases de datos, donde los segmentos cromosómicos IBD son de gran importancia para establecer el grado de parentesco^{1,4}.

Genealogía Genética Forense (GGF)

Contratar el servicio de las compañías de análisis genómico no es suficiente para ser parte de un estudio de GG, ya que este último requiere comparar la información genómica coincidente que reportan las diferentes compañías. En otras palabras, dado que suelen existir diferencias entre los SNVs que analiza cada compañía por MPS, es necesario seleccionar los marcadores coincidentes para la GG ⁸. Con ese fin fue creado GEDmatch por Curtis Roger y John Olsen en 2010, para convertirse en un sitio común y de libre acceso, donde las personas pudieran cargar su información genómica (sin importar de qué compañía la hayan obtenido) para poder hacer una investigación genealógica ayudados por algoritmos que realizan mapeos automáticos de dichos perfiles, potenciando así la utilidad de la información genómica^{1,3}. Hoy en día, GEDmatch cuenta con una cantidad aproximada de 2 millones de usuarios que han compartido su perfil genético⁸.

En este punto, un estudio de GG implicaría contratar la obtención del perfil genómico a partir de SNVs y compartir esa información en GEDmatch, para proceder a la búsqueda^{1,8}. En caso de encontrar alguna coincidencia con otro usuario de la base de datos mundial, la persona o genealogista interesado puede continuar con la investigación para ensamblar un árbol genealógico. Para ello se podría recurrir a la genealogía clásica, la cual incluye la búsqueda de

nombres y apellidos en plataformas de identidad a nivel nacional (p. ejem. INE en México), actas de nacimiento en registro civil, registro de bautizos o casamientos en iglesias, registros de inmigración, o cualquier otra fuente disponible como actualmente podrían ser las redes sociales o páginas de construcción de árboles genealógico como Family Search (**Figura 4**)⁸.

Una vez localizados, los candidatos pueden someterse a una confirmación de parentesco directa mediante marcadores tradicionales los STRs, ya sea de origen autosómico, del cromosoma Y (Y-STRs) y del cromosoma X (X-STRs), e incluso DNA mitocondrial (mtDNA)⁴. En casos forenses, esta comprobación del parentesco se realiza contrastando los resultados con bases de datos restringidas como el CODIS ^{1,5,6,9}.

La primera vez que se usó la GG sucedió en el 2018 con el arresto de Joseph James DeAngelo, también conocido como el Golden State Killer (GSK), un asesino serial cuya racha duró de 1976 a 1986, y cuyos casos perduraron por más de 40 años sin resolver ⁶. Fuerzas policiales en Estados Unidos emplearon GEDmatch para cargar el perfil genético de una escena del crimen presumiblemente implicando al GSK, el cual permaneció sin nombre durante 17 años, ya que no había coincidencias con la base de datos de la policía. Con esta acción, y gracias a que un pariente del GSK había cargado su información genética dentro de la base de GEDmatch, la policía encontró unos 20 primos terceros del asesino, logrando identificar a un ancestro común que vivió en el siglo XIX ^{4,6}. Una vez que el análisis de STRs descartó a parientes cercanos, la búsqueda llevó a DeAngelo, quien al inicio se negó a cooperar con una muestra para el estudio. Los investigadores mantuvieron al sospechoso bajo vigilancia hasta que pudo obtenerse un pañuelo que DeAngelo desechó a la basura, del cual se lo logró extraer ADN, obteniendo una coincidencia perfecta entre su perfil genético con perfiles encontrados en muestras de diversas escenas del crimen del GSK ^{6,8}. Este hecho marcó un antes y un después con respecto a la disposición de los datos presentes en plataformas de genealogía genética para la resolución de casos criminales o de personas desaparecidas.

A partir de que fuerzas policiales empezaron a utilizar GEDmatch con fines de investigación criminal, muchas personas externaron su inconformidad. Esto, sumado a la adquisición de GEDmatch por parte de la empresa privada Verogen (adquirido recientemente por QIAGEN), hizo que hubiera un cambio en las condiciones de uso de los datos genómicos. Actualmente, GEDmatch puede ser empleado por fuerzas policiales, y avisa a sus usuarios que sus datos pueden ser usados para:

- 1) Investigación de crímenes violentos;
- 2) Identificación de restos humanos, dando únicamente la opción de no participar en la investigación de crímenes violentos ⁶.

Esta situación dio origen a GEDmatchPro, plataforma cuyo uso es exclusivamente para fines forenses, vinculando plataformas que permiten la GGF como FamilyTreeDNA y DNASolves ^{1,5,8}.

Potencial de la GGF en México y Latinoamérica

El caso del GSK es un ejemplo de la virtud de la GGF, del cual es importante enfatizar la velocidad con la que pueden llegar a resolverse casos pendientes, incluso por décadas¹.

Por este motivo, el gobierno de Brasil en el 2017 aprobó una iniciativa para obtener perfiles genómicos a todas las personas procesadas por algún crimen, generando una base de datos con más de 207,000 perfiles genéticos hasta el 2023⁹.

Esta acción resultó en una disminución en la tasa de delitos, dando un contragolpe a la crisis de seguridad pública en la que se encuentra ese país, y demostrando el potencial de la GGF en este sentido. A pesar de la eficiencia en la resolución de casos, los resultados de la consulta en las bases de datos de ADN solo sirven para generar pistas, siendo necesaria una investigación más profunda para determinar la identidad del individuo^{5,8,9}.

En México, la GGF podría generar un impacto significativo para combatir la crisis forense actual, tal como sucedió en Brasil. Específicamente existen 122,609 casos de personas desaparecidas y no localizadas según datos del Sistema Único de Registro Nacional de Personas Desaparecidas y No Localizadas (RNPDNO) y de la Comisión Nacional de Búsqueda de Personas (CNBP), así como 49,057 cadáveres sin identificar, de acuerdo con cifras del INEGI hasta el 2022¹⁰. De manera que existe un gran rezago debido al aumento de la violencia en México, y por la velocidad con la que sea han acumulado los casos forenses durante los últimos años. Se visualiza entonces como un gran reto aplicar la GGF en las condiciones actuales, ya que cada caso requeriría un seguimiento exclusivo, lo cual implica recursos económicos tanto para el análisis genómico como de profesionales capacitados en genealogía.

El crecimiento constante de las bases de datos para la GGF y su aplicación en investigaciones penales ha demostrado beneficios a largo plazo, al aumentar la probabilidad de encontrar coincidencias que logren concluir exitosamente la búsqueda de personas no identificadas, de víctimas de secuestro o casos criminales (9). En la mayor parte de Latinoamérica, el tema de las bases de datos presenta limitaciones relacionadas con el origen de dichos datos, ya que éstas se componen principalmente por usuarios de Europa y Estados Unidos, aunque los hispano-americanos incluidos en la población americana podrían ser de ayuda en este sentido⁵. La implementación de la GGF en el ámbito forense de Latinoamérica involucraría promover la creación

La genealogía genética comienza con la obtención de un perfil genómico, el cual debe subirse a GEDmatch, para permitir su eventual comparación con una evidencia forense. La investigación se debe complementar con genealogía clásica, y cualquier coincidencia o probable parentesco debe confirmarse con marcadores convencionales autosómicos: STRs, del cromosoma Y, del cromosoma X y de ADN mitocondrial.

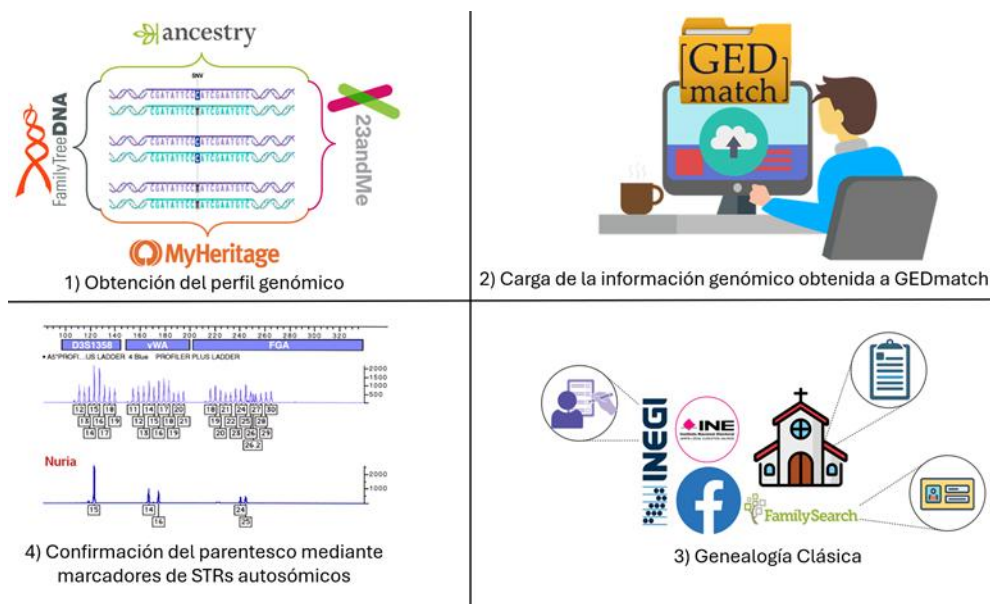


Figura 4 Proceso de investigación mediante Genealogía Genética (Imagen de autor)

de bases de datos nacionales, lo cual requería asignar esta función a una entidad pública o privada. Además del manejo de perfiles genómicos e investigación genealógica, sería importante que esta entidad apoye a grupos civiles con familiares desaparecidos (p. ejem. “madres buscadoras”) para que puedan subir por sí mismos su información, para que puedan hacer búsquedas, y se les apoye en el análisis por genealogía clásica o en la confirmación final de una identificación por métodos tradicionales.

Existe un área de oportunidad para el tema de las bases de datos aplicables a la GGF en México, ya que existen diversos estudios genómico-poblacionales con fines de investigación biomédica que podrían apoyar en las tareas de identificación de la GGF. Destaca el estudio de Moreno-Estrada y colaboradores sobre la subestructura genómica entre grupos indígenas mexicanos, ya que fue posible agruparlas por su origen geográfico (Noroeste, Noreste, Oeste, Centro-Sur y Sureste), mientras los mestizos mexicanos (que constituyen más del 90% de la población mexicana actual) recapitulan dicha subestructura genética a lo largo del país¹¹. Mas recientemente, el proyecto del Biobanco Mexicano plantea analizar alrededor de 40,000 muestras que podrían ser un pilar para implementar la GGF en México². Sin embargo, dado que los objetivos primarios del Biobanco Mexicano son de interés biomédico, habría diferentes aspectos éticos y legales que tendrían que ser solventados. Aunque la utilidad de estos datos genómicos no involucraría la identificación uno-a-uno que realiza la GGF (por cuestiones éticas y legales), sí que servirían para relacionar una muestra no identificada con su origen geográfico o regional a lo largo del país, lo cual podría ser crucial para direccionar alguna investigación de tipo forense.

La GGF no se rige bajo un marco legal bien establecido que permita su uso de una manera sistemática, ni siquiera en países “desarrollados”, lo cual representa un área de oportunidad para los países que apenas visualizan su utilidad e implementación¹⁶. Cabe mencionar que la formalización de una ley es complicada por los aspectos relacionados con el uso de datos (genéticos o documentales) ya que pudieran exhibir a familias enteras^{4,6}.

Esto hace que la decisión de incluir nuestra información genómica en bases de datos para la investigación en GGF no sea tan simple. Aunque se apoya a la identificación de víctimas y a la impartición de justicia en México, nuestra alta en plataformas como GEDmatch podría involucrarnos en procesos legales en los que tal vez no quisiéramos participar. Lo mismo sucede con nuestros familiares, cercanos y lejanos (incluso presentes y futuros) donde se podría revelar su participación en crímenes o destapar casos de infidelidad, ocultos hasta ese momento. Mientras no exista una regulación en el acceso y disponibilidad a este tipo de bases de datos con fines forenses, será difícil estandarizar su uso para la resolución de casos específicos.

CONCLUSIONES

En breve, en este trabajo se presenta un panorama general de conceptos relevantes a la GGF, con el posible impacto en la impartición de justicia. Se plantean retos, limitaciones y oportunidades para realizar esta tarea en países latinoamericanos, con énfasis en México. Se ofrece información de utilidad para que una persona que se realice una prueba genómica para saber sus orígenes pueda decidir con plena conciencia si incluir (o no) su perfil en una base de datos de utilidad en investigaciones de genealogía genética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dowdeswell TL. Forensic genetic genealogy: A profile of cases solved. *Forensic Sci Int Genet.* 2022; 58:102679.
2. Sohail M, Palma-Martínez MJ, Chong AY, Quinto-Cortés CD, Barberena-Jonas C, Medina-Muñoz SG, et al. Mexican Biobank advances population and medical genomics of diverse ancestries. *Nature.* 2023;622(7984):775-83.
3. Glynn CL. Bridging Disciplines to Form a New One: The Emergence of Forensic Genetic Genealogy. *Genes.* 2022;13(8):1381.
4. Kling D, Tillmar A. Forensic genealogy—A comparison of methods to infer distant relationships based on dense SNP data. *Forensic Sci Int Genet.* 2019; 42:113-24.
5. Greytak EM, Moore C, Armentrout SL. Genetic genealogy for cold case and active investigations. *Forensic Sci Int.* 2019; 299:103-13.
6. Wickenheiser RA. Forensic genealogy, bioethics and the Golden State Killer case. *Forensic Sci Int Synergy.* 2019; 1:114-25.
7. National Human Genome Research Institute. Variabilidad Genética. [Internet]. Bethesda (US): NHGRI; 2025. [consultado 4 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Variabilidad-genetica>
8. Furfuro SB, Cejas JB, Álvarez G. La búsqueda de la identidad de origen a partir del ADN [Internet]. Argentina: Plataforma de información para políticas de la Universidad de Cuyo; 2022. [consultado 4 marzo 2025]. Disponible en: <http://www.politicaspublicas.uncu.edu.ar/articulos/index/labusqueda-de-la-identidad-de-origen-apartir-del-adn>.
9. Minervino AC, Silva Júnior RC, Corte-Real F. Advancing justice: The impact of Brazil's convict genetic profile identification project after 5 years. *Sci Justice.* 2024;64(6):660-4.
10. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (MX). Servicios Periciales y Servicio Médico Forense 2023 [Internet]. Aguascalientes (MX): INEGI; 2023. Comunicado de prensa No. 524/23 [consultado 4 marzo 2025]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/buletines/2023/SPySMF/SPySMF2023.pdf>
11. Moreno-Estrada A, Gignoux CR, Fernández-López JC, Zakharia F, Sikora M, Contreras AV, et al. The genetics of Mexico recapitulates Native American substructure and affects biomedical traits. *Science.* 2014;344(6189):1280-5.