

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i2.2375>

Bases de datos de ADN forense e identificación humana en Zacatecas, México

Forensic DNA databases and human identification in Zacatecas, Mexico

Eduardo Murillo López

eduardo.murillo@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0003-8773-0988>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Zacatecas – México

Óscar Emmanuel Guerrero Félix

oscar.guerrerof@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0008-4988-7227>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Zacatecas – México

José David Regalado Barrera

dregalado@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-5834-4251>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Zacatecas – México

Flor de María Trejo Medinilla

flor.trejo@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5219-495X>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Zacatecas – México

Said Pabel Huerta Robles

sphuerta@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0001-9973-3970>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Zacatecas - México

Artículo recibido: 17 mayo 2026- Aceptado para publicación: 28 junio 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

Introducción: Las bases de ADN forense se han convertido en herramientas estratégicas para la identificación humana en contextos de violencia y desaparición de personas en México. **Objetivos:** Analizar los recursos de bases de datos de ADN forense y su relación con los procesos de identificación humana en el estado de Zacatecas, México, durante el periodo 2018–2023. **Metodología:** Se desarrolló una investigación no experimental, longitudinal retrospectiva, con enfoque correlacional, mediante análisis documental de informes gubernamentales, normatividad y registros institucionales. **Resultados:** Se identificó fragmentación institucional, limitaciones tecnológicas y ausencia de interoperabilidad con sistemas nacionales como CODIS. **Conclusión:**

La falta de una base genética estandarizada limita la identificación humana y exige fortalecer capacidades institucionales y de coordinación.

Palabras clave: ADN forense, bases de datos genéticas, identificación humana, CODIS, crisis forense

ABSTRACT

Introduction: Forensic DNA databases have become strategic tools for human identification in contexts of violence and enforced disappearance in Mexico. **Objectives:** To analyze forensic DNA database resources and their relationship with human identification processes in Zacatecas, Mexico, from 2018 to 2023. **Methodology:** A non-experimental, retrospective longitudinal study with a correlational approach was conducted through documentary analysis of governmental reports, regulations, and institutional records. **Results:** Institutional fragmentation, technological limitations, and lack of interoperability with national systems such as CODIS were identified. **Conclusion:** The absence of a standardized genetic database restricts human identification and highlights the need to strengthen institutional capacities and coordination.

Keywords: forensic DNA, genetic databases, human identification, CODIS, forensic crisis

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XX y los años que hemos recorrido en este siglo XXI, el avance tecnológico y científico ha sido el más importante en la historia de la humanidad. El nacimiento de innovadoras herramientas de análisis de ADN -genética forense- y su aplicación en las ciencias forenses para la resolución de casos legales no han sido la excepción. La constante mejora de los sistemas de identificación humana y la introducción de sistemas bioinformáticos para el registro, almacenamiento y cotejo de perfiles genéticos, han hecho de la genética forense una de las ciencias forenses más sólidas y requeridas en la resolución de crímenes, desastres naturales, conflictos armados, desaparición de personas y todos aquéllos que involucren el análisis de ADN con fines de identificación.

Las bases de datos de ADN forense han sido utilizadas con éxito en muchos países europeos para resolver múltiples casos humanitarios y otros más que atentan contra la seguridad interna de las naciones. En el caso de México, en 2008, la Coordinación General de Servicios Periciales, dependiente de la entonces Procuraduría General de la República, comenzó a administrar la Red Nacional de Bases de Datos Genético-Forenses en aras de abatir la creciente ola de cadáveres y restos mortales sin identificar. (FGR, 2016)

En 2009, en el marco de la implementación de la “Iniciativa Mérida”, firmada entre México y E.E.U.U. durante el sexenio de Felipe Calderón, se obtuvo una Base de Datos Genéticos como parte de la Conformación de la Red Nacional de la Base de Datos de Genética Forense. Conforme a los acuerdos de la Conferencia Nacional de Procuración de Justicia, se implementó el Sistema CODIS (Combined DNA Index System) a cargo del servicio pericial de la Procuraduría General de la República (PGR). Este sistema es un software diseñado y creado por el Federal Bureau of Investigation (FBI), que permite almacenar, clasificar, cotejar y analizar perfiles genéticos. Sistema que comenzó a operar hasta el 2011. (2012, p. 1807)

En 2012, se estableció un convenio de colaboración entre la PGR, la Procuraduría General de Justicia Militar y las Procuradurías estatales como miembros de la Conferencia Nacional de Procuración de Justicia. En el marco de la implementación de la reforma constitucional del 2008 para la implementación del Sistema de Justicia Penal Acusatorio y combate a la delincuencia, se estableció el intercambio de datos y el almacenamiento de éstos en bases de datos administradas por la PGR. (2012)

En 2015, se publicó el Protocolo para el Tratamiento e Identificación Forense con el objetivo de homologar las actuaciones periciales en la persecución de los delitos, el tratamiento del lugar de intervención y la identificación de cadáveres, entre otros; en el cual se proyectaba la identificación a través de un sistema de alcance nacional a través del software CODIS, alimentado con los perfiles genéticos enviados por las distintas entidades federativas.

Dentro del compendio de documentos surgidos entre 2015 y 2019 del Comité contra la Desaparición Forzada de la ONU que concentra Huhle, se encuentra un informe del Grupo de Trabajo para la Desaparición Forzada de la ONU (**Grupo de trabajo**), en donde se diagnostica que México carece de una política integral para hacer frente al fenómeno de las desapariciones forzadas, incluyendo la búsqueda de las víctimas, la identificación de restos y la exhumación de cadáveres. Además, adolece de una base de datos centralizada sobre personas desaparecidas. (2019, p. 67).

El Grupo de Trabajo recomienda crear y mantener actualizada permanentemente una base de datos con la información personal disponible sobre víctimas de desapariciones forzadas a nivel nacional, incluyendo información genética, principalmente de ADN y muestras de tejido obtenidos de restos mortales y de familiares de víctimas, con su previo consentimiento. El estado debe proteger permanentemente la información personal de estas bases de datos. (Huhle, 2019, p. 79)

Derivado de lo anterior, en 2017 se crea la Ley General en Materia de Desaparición Forzada, Desaparición Forzada cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas (LGD), una legislación que busca hacerle frente a los atroces crímenes en México, garantizar el acceso a la justicia y a la verdad a las víctimas y sus familias. En esta misma ley se crea la Comisión Nacional de Búsqueda (CNB) a cargo del Registro Nacional de Personas Desaparecidas y No Localizadas (RNPNDNO), entre otras herramientas definidas en el artículo 48 de dicha ley, en donde también destaca la creación de la Base Nacional de Datos Forenses (**BNDF**).

Uno de los aspectos más destacados de esta ley, es la creación del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas (**Sistema Nacional**), que tiene como objetivo principal coordinar y supervisar las acciones de búsqueda de personas desaparecidas a nivel nacional, involucrando a las autoridades de los tres niveles de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y a las familias de las víctimas.

En 2018, el Consejo de Derechos Humanos de la ONU recomienda e insiste en la creación de una base de datos nacional de ADN y establecer mecanismos como las comisiones o fiscales especiales exigidos por las leyes de 2017. (Huhle, 2019, p. 241). En 2019 se crea el Mecanismo Extraordinario de Identificación Forense (MEIF), publicado el 19 de marzo de 2020 en el Diario Oficial de la Federación, con el objetivo de integrar equipos forenses multidisciplinarios (nacionales e internacionales) para la práctica de peritajes en cuerpos que no han sido identificados, para colaborar en el marco del Sistema Nacional y revertir el rezago conocido como “crisis forense”.

Además de la normatividad que ha sido descrita anteriormente y que obliga a la observancia a las entidades federativas en todo el territorio nacional, el 01 de febrero de 2020, el estado libre y soberano de Zacatecas publica en su Diario Oficial la Ley en Materia de Desaparición Forzada

de Personas y Desaparición cometida por Particulares para el estado de Zacatecas (2020), con el objetivo de coadyuvar en el territorio zacatecano, a través del esfuerzo conjunto con los municipios, en la búsqueda de personas desaparecidas de acuerdo a lo establecido en la Ley General, creando la Comisión Local de Búsqueda de Personas del Estado de Zacatecas, integrada como Secretaría Ejecutiva del Mecanismo Estatal de Búsqueda establecido en el Artículo 15, numeral VII, de esta ley, debiendo estar en estrecha coordinación con la CNB y la consulta constante con el Consejo Ciudadano y los Grupos de Búsqueda del estado de Zacatecas.

De acuerdo con los documentos surgidos entre 2015 y 2019 del Comité contra la Desaparición Forzada de la ONU que concentra Huhle, las autoridades federales sostuvieron que el 92% de los delitos en México se encuentran en el fuero local y no federal. Muchas autoridades sostuvieron que mientras las instituciones federales tienden a estar bien equipadas, contar con personal profesional y entrenado, las instituciones locales tienden a ser débiles, con menor desarrollo profesional y pocos recursos humanos y financieros. (2019, p. 62)

El párrafo anterior responde a una parte de la problemática en materia de identificación ya que, al estar centralizada la base de datos desde entonces en la ahora FGR, ha generado el caos que padecen los familiares de víctimas desaparecidas, en donde el grueso de los casos, como se menciona arriba, se concentra en el fuero local. Por consiguiente, todos los estados deben enviar los datos genéticos obtenidos a la FGR. Aunado a esto, prácticamente ninguna de las entidades de procuración de justicia locales cuenta con una base única de datos, y los que llegan a tenerla, es distinta y separada de las demás. De igual manera, la recolección de los datos genéticos no es sistemática, tampoco es homologada, mucho menos apegada a estándares de calidad de manera uniforme en todos los estados del país. Como consecuencia, la base de datos CODIS no contiene realmente los datos genéticos generados en todo el territorio nacional.

Derivado de la información genética que “deberían enviar” los servicios periciales e institutos de ciencias forenses de todo el país a la FGR, la duplicidad en la transcripción de los perfiles genéticos sugiere un incremento en el riesgo de error humano que puede presentarse, pudiendo generar un registro erróneo en la base de datos, ya sea de captura de origen o bien, de ingreso en la base de datos. En México, lo que se ha estado esperando por más de una década es que el CODIS, un software que es robusto, probado y garantizado por décadas y en distintos países, hubiera operado desde su adquisición en todos los estados, alimentando de manera remota el software centralizado en la Fiscalía General de la República.

La búsqueda de estudios relacionados a esta temática en las revistas científicas indexadas y en repositorios de acceso gratuito, revela que no hay muchos proyectos similares al que se plantea. Sin embargo, se encuentran varias revisiones científicas de las bases de datos genéticas que están consolidadas en diversos países, principalmente en Europa.

En muchos países bases de datos de ADN forense con fines criminales, humanitarios y de búsqueda de personas desaparecidas, posicionándose como una de las herramientas más

solicitadas en el combate al terrorismo y de otras manifestaciones de la violencia, como la delincuencia organizada.

Actualmente, existen múltiples bases de datos genéticas, por ejemplo, en España cuentan con el software CODIS (*Combined DNA Index System*) desarrollado por el FBI (EE.UU.), el cual es de gran eficacia y adoptado por varios países en el mundo. Dentro de las características que brinda el sistema, es poder ingresar perfiles genéticos designándoles diferentes categorías, dependiendo del tipo de perfil que se ingrese a la base de datos, incluyendo, entre otros, *Deceased* (cadáver no identificado) y *Unidentified person* (víctima desconocida). Estos perfiles se ingresan acompañados de un código (*Specimen ID*) como identificador único.

La eficacia de la base de datos española se ve reflejada en el aumento del número de perfiles ingresados, lo cual incrementa el número de coincidencias y, por consiguiente, demuestra lo eficiente y compatible que es el sistema. Estas cualidades están soportadas por una serie de protocolos, acuerdos y criterios para organizar los laboratorios autorizados para alimentar dicha base. Algunos de estos criterios están basados en normas internacionales como la ISO 17025, así como la acreditación respectiva por un ente externo. Para esto último, se requiere una perfecta coordinación entre todos los laboratorios, lo cual exige una absoluta compatibilidad en todos los procesos y protocolos científicos. (Hombreiro, 2014)

En México ya se cuenta con la base de datos CODIS, por lo que resulta pertinente coordinar y crear mecanismos jurídicos para expandir y unificar en un único software los perfiles generados en todo el territorio nacional.

La utilización de bases de datos de ADN a nivel internacional ha demostrado en catástrofes muy representativas que son una herramienta efectiva, sobre todo cuando se usan de manera correcta, situación que contrasta con las deficiencias que presenta la base o múltiples bases con las que se cuenta en México. Alonso (s.f.) expone el caso de los ataques terroristas del 11 de septiembre de 2001 al *World Trade Center* de la ciudad de Nueva York, en el que hasta el 2004 se habrían analizado más de 26,000 restos humanos correspondientes a más de 2,700 víctimas, en el que se utilizó el programa MFISYS (*Mass Fatality Incident System*). Otro caso en el que las bases de datos destacan por su fundamental utilidad fue en la identificación de las víctimas del atentado terrorista sufrido en Madrid el 11 de marzo de 2004.

Estos ejemplos fueron el resultado del cruce de índices de perfiles de STRs (perfiles genéticos) obtenidos por diversos laboratorios e incluidos en una única base de datos, lo que significó en un gran número de identificaciones genéticas de forma conjunta. (Alonso, s.f.)

Situación similar se vive en México y lo que se busca, es que la unificación de la base de datos resulte en la identificación de los más de 52 mil cadáveres sin identificar en las distintas morgues del país. La concentración de los perfiles genéticos en un solo software supone el abatimiento importante de la crisis en materia de identificación por la que el estado mexicano atraviesa.

En otro ámbito y también muy importante a considerar, son las implicaciones que conlleva la creación de una base de datos, sobre todo por el tipo de información que se recolecta y los fines para los que se ha de utilizar. Como es de esperarse, hay grupos organizados que están a favor de la creación de una base de datos por las bondades que se han descrito hasta este punto. En el otro extremo, se encuentra otro grupo detractor que expone diversos argumentos que sustentan su postura, desde la parte económica, externando que la constitución de este tipo de bases es muy costosa y conlleva mucho tiempo. También las consideran como violatorio de la privacidad de las personas, además que en la dinámica de recolección e ingreso de la información de los donantes, se pueden revelar datos familiares sensibles, como infidelidades, adopciones, incesto, etc. Otro de los razonamientos que ofrecen es que, para garantizar la efectividad de las bases de datos de ADN, se requiere que posea un alto número de perfiles genéticos.

Ante estas manifestaciones de las sociedades, las legislaciones de cada país deberán considerar la creación de instrumentos jurídicos y protocolos para evitar la violación de derechos humanos, es decir, establecer criterios en cuanto a la finalidad de la base de datos; por ejemplo, si se pueden realizar búsquedas de relación entre un perfil con índice criminal contra los que están en la categoría de familiares, o bien, en qué casos específicos se hará, o por el contrario, si la práctica ejemplificada anteriormente quedará prohibida, por lo que deberá establecerse en instrumentos jurídicos con una estricta regulación nacional.

También es importante mencionar que hay corrientes radicales que sugieren la utopía de la universalización de las bases de datos de ADN, es decir, que toda la población de un país sea incluida.

Todas estas cuestiones deberían ser ampliamente debatidas en el ámbito jurídico y científico, teniendo en consideración los estudios criminológicos, la potencialidad estadística de la técnica y las cuestiones relacionadas con las libertades sociales, manteniendo siempre un equilibrio entre la libertad, la privacidad personal y los intereses de las personas afectadas, por un lado, y por el otro, la seguridad pública, el bien de la comunidad y la resolución y el esclarecimiento de diversos hechos delictivos. (García et al., 2016)

García y Sánchez (2018) explican cómo el nivel de confianza que representa la prueba genética en los casos de identificación humana, la ha llevado a referirnos a ésta como una “máquina de la verdad”. Ahora bien, es necesario robustecer esta máquina con el poder tecnológico que ofrecen las bases de datos de ADN forense, dotándola de una solidez estadística y prácticamente irrefutable en casos judiciales, aunado al blindaje administrativo brindado por la implementación de sistemas de gestión de la calidad, aportando resultados confiables a nivel internacional.

Como lo hemos comentado anteriormente, existen varios estudios que describen la situación que guardan las bases de datos en Europa, pero no hay suficientes investigaciones

respecto al desarrollo de estas mismas bases de ADN en Latinoamérica, específicamente en México.

En el estudio “Development of DNA Databases in Latin America”, Da Silva et al. (2020) describen que algunos países de Latinoamérica han implementado bases de datos de ADN forense sin que cuenten con legislación en la materia, tal es el caso de Bolivia, El Salvador, Honduras, Paraguay y Venezuela.

También encontraron que la mayoría de los países utilizan el software CODIS. De los países latinoamericanos encuestados, únicamente 3 establecen como obligatorio la acreditación de sus laboratorios (Argentina, Chile y Colombia). Además, muchas de estas bases de datos no tienen comunicación con otras a nivel nacional o internacional, y aquéllas que tienen comunicación a nivel nacional, lo hacen de manera manual o utilizando CODIS. Algunos de los retos que los países latinoamericanos reportan para la implementación de bases de datos de ADN son de carácter presupuestario y legislativo.

En México, la base de datos de ADN forense más robusta posee información enviada a la base de datos que gestiona la Fiscalía General de la República, la cual contiene perfiles genéticos con diferentes categorías, como evidencias, víctimas, restos humanos, personas desaparecidas y sus familiares, sospechosos, delincuentes condenados, personal de seguridad pública, voluntarios y perfiles internacionales.

Uno de los ejemplos de mayor trascendencia y experiencia a nivel internacional, es el que Parsons et al. (2018) en su estudio “Large Scale DNA identification: The ICMP experience” exponen. Ante la crisis de identificación humana por el conflicto armado de Yugoslavia en los 1990s, la Comisión Internacional sobre Personas Desaparecidas (ICMP) en el año 2000, propuso realizar identificaciones de ADN a gran escala a partir de STRs y su respectiva comparación en bases de datos regionales de familiares de los desaparecidos, teniendo un éxito sin precedentes.

Para grandes búsquedas en bases de datos, se requieren algoritmos eficientes para realizar millones de cálculos de parentesco en un tiempo razonable ya que el cálculo aumenta, no con el número de perfiles, sino con la complejidad de los pedigríes familiares que se buscan, por lo que también no debe subestimarse de contar con el personal lo suficientemente experimentado para realizar estos cotejos.

Da Silva et al. (2020) resaltan que, en las regiones con muchos problemas de crímenes violentos y personas desaparecidas, como en México, el uso de la tecnología de las bases de datos de ADN puede ser una forma de promover la justicia, con un alto impacto social.

La gestión de dignificación de los restos humanos es una obligación moral en todos los contextos. (Goodwin, 2017). No todo es tan sencillo como muestrear un cadáver e inmediatamente poder realizar la respectiva identificación. Hay casos que pueden presentarse con innumerables complicaciones, como la fragmentación de los cadáveres, el hallazgo de éstos en fosas clandestinas, el gran número de personas fallecidas, el tiempo transcurrido entre la muerte

y su recuperación. Situaciones como éstas y muchas más también suceden en México, y requieren de herramientas tecnológicas adecuadas y la intervención de profesionales forenses para permitir identificaciones sólidas, es decir, el análisis de ADN.

Goodwin (2017) subraya la importancia de la evolución que ha tenido el análisis de ADN, haciéndose cada vez más sensible, potente y sólido a medida que se amplían los contextos en los que puede intervenir la genética forense, haciendo más robustos los casos de identificación, contribuyendo en gran medida a reducir el sufrimiento de los familiares de desaparecidos.

No todo es favorable cuando se aborda el tema de las bases de datos. Aunque ya se han mencionado algunas consideraciones sociales y de derechos humanos, también hay diversas cuestiones éticas, sobre todo cuando se pretende analizar ADN de alta densidad (técnicas analíticas que acceden a información genética codificante), lo que supone conocer regiones del genoma que determinan rasgos característicos de una persona, como el color de los ojos, el de la piel, del cabello, enfermedades, etc.

Santurtún et al. (2017) explica que, para algunos autores, el obtener perfiles genéticos a partir del análisis de ADN supone una violación del derecho a la intimidad de las personas, sin embargo, las regiones que se ingresan a la base de datos forense son no codificantes, por lo que el estudio en cuestión no afectaría los derechos fundamentales ya que no contiene información concerniente a la intimidad, aunque como lo hemos explicado, esta temática todavía es debatida y controvertida.

Es importante abordar esta temática con especial cautela, evaluar y ser claros a la hora de proponer políticas para el uso y tratamiento de estos datos, pero, sobre todo, garantizar la privacidad de los datos generales y genéticos de los donantes. Por esto, es trascendental mencionar que en la actualidad se hace uso de STRs que se encuentran en regiones que no codifican para características fenotípicas, es decir, el uso forense de estos marcadores no revela información sensible del donante y es suficiente para individualizarlo del resto de la población, con sus excepciones muy puntuales.

El consejo de Europa del 09 de junio de 1997, invita por primera vez a todos los países a considerar la creación de bases de datos nacionales de ADN, de forma que la estructuración e implementación estén orientadas a normatividades comunes y compatibles. Especifica la finalidad de poder intercambiar datos de las regiones de ADN que no codifican para rasgos hereditarios específicos con el objetivo de investigar delitos, identificar restos cadavéricos y la búsqueda de personas desaparecidas.

En el ámbito social, la presión que ejerce la sociedad civil entorno a la problemática de identificación en México es desde el 2010 muy intensa y sobra decirlo, con justa razón. Los familiares y organizaciones civiles se han encargado de mantener presente la dimensión política de los cuerpos en tanto buscan a los desaparecidos, reclaman la identificación de los restos y exigen a los Estados actuar para detener la violencia. (Robledo, 2016)

En México, a la fecha no existen lineamientos sólidos acerca de cómo se realizará el intercambio de datos en materia de genética forense en el país ante el panorama de múltiples instituciones que cuentan con perfiles genéticos tanto de familiares como de cuerpos o fragmentos de cuerpos sin identificar, así como tampoco existe un marco normativo que establezca el uso de estos datos ni la delimitación en el uso de la información recabada. (Mendoza y Pérez, 2023)

En este estudio se examinaron los recursos de bases de datos de ADN forenses y su relación con la identificación humana en el estado de Zacatecas, México, en el periodo 2018-2023. Además, se exploraron las limitaciones y oportunidades de las bases de datos de ADN en Zacatecas, México, para fortalecer la identificación humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dado que el objetivo del estudio fue examinar los recursos de bases de datos de ADN forenses en la identificación humana en el estado de Zacatecas, México, en el periodo 2018-2023, se recurrió a un diseño no experimental que se aplicó de manera longitudinal retrospectiva. Considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficiente, se procedió a realizar una investigación con enfoque correlacional para conocer a detalle el fenómeno de estudio y poder establecer la relación estadística entre éste y la variable denominada “Bases de Datos de ADN Forense”.

Para esta investigación el objeto de estudio fue la información recolectada de las bases de datos gubernamentales e informes de la web. Por tal motivo se entiende que la población exclusivamente será la institución del estado responsable de la identificación humana en Zacatecas y por las características de la investigación, no se extrae muestra. Los criterios de inclusión fue la información recabada en términos de reportes, encuestas y resultados gubernamentales en el periodo 2018-2023 y, los criterios de exclusión fue la información reportada por otras entidades federativas.

Como técnica de recolección de datos se utilizó la exploración documental mediante su clasificación de análisis de contenido sobre reportes gubernamentales, encuestas institucionales y otros documentos de investigación extraídos de la Web, empleando una técnica no probabilística de datos consecutivos.

RESULTADOS

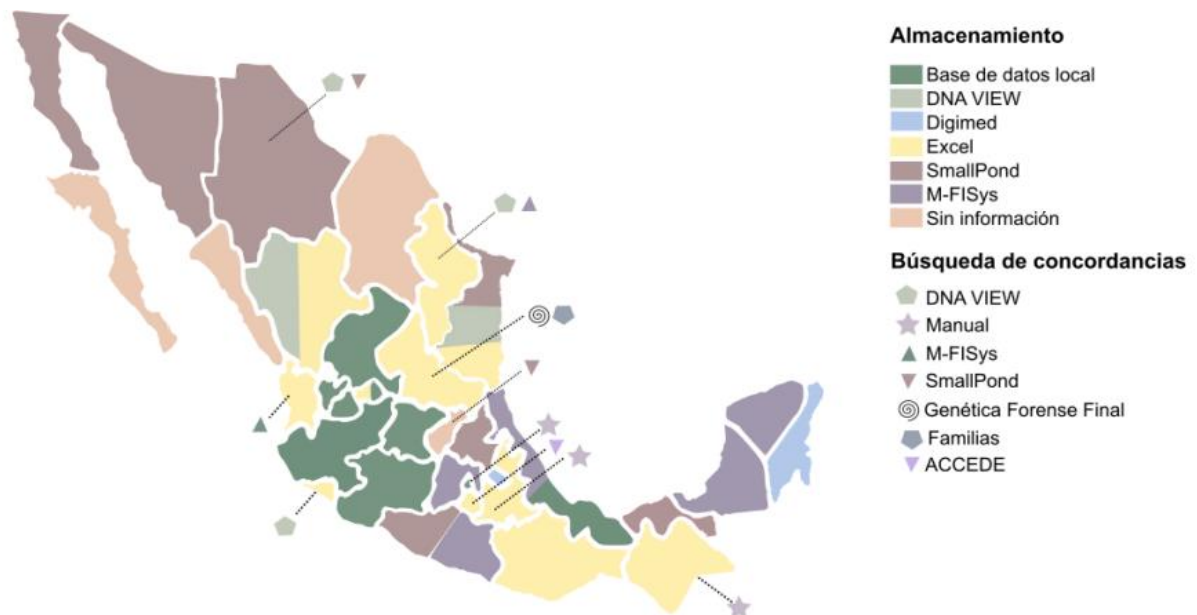
De acuerdo al desarrollo de la investigación y a la información procesada obtenida en el periodo comprendido del año 2018 al año 2023, se pueden apreciar los siguientes datos:

Respecto a las herramientas tecnológicas para el almacenamiento de perfiles genéticos obtenidos de los análisis de muestras biológicas forenses, en el estado de Zacatecas, para tal fin se utiliza Excel® y el cálculo estadístico es de forma manual con un alcance local, lo que significa que el cotejo de estos datos es dentro del mismo banco generado, sin oportunidad de la búsqueda de coincidencias con las demás entidades del país de manera directa.

El intento por crear una base nacional centralizada desde la primera década de este siglo no ha sido fructífero, prueba de ello es la multiplicidad de softwares en las distintas entidades federativas. Mendoza y Pérez (2023) reportan la información solicitada al INFOMEX en la Plataforma Nacional de Transparencia relacionada a los sistemas de ingreso y registro, almacenamiento, cotejo y análisis estadístico con los que cuentan las 32 entidades del país, el Centro Nacional de Identificación Humana, la Guardia Nacional y el Centro Regional de Identificación Humana (CRIH). La información proporcionada muestra la multiplicidad de herramientas que las distintas fiscalías y centros dedicados a la identificación humana en México utilizan, sin cumplir con los retos planteados desde el 2011, además de lo establecido en la Ley General y los diversos informes emitidos por el Grupo de Trabajo. (Figura 1)

Figura 1

Herramientas de almacenamiento y búsqueda de concordancias

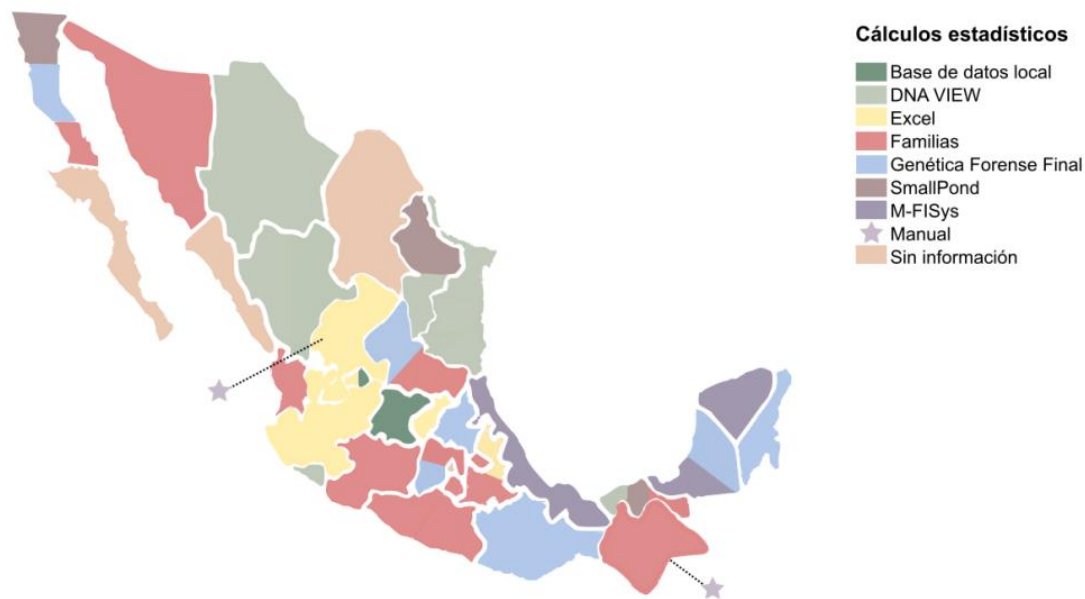


Fuente: Mendoza y Pérez (2023).

En la parte final de un dictamen de genética o informe de resultados genéticos, el análisis estadístico resulta importante para dar cuenta de la fiabilidad de la confronta y en su caso, de una identificación (*match*), por lo que es de suma trascendencia el cuidado que los operadores tienen para el análisis estadístico, la metodología empleada, el nivel de confianza y lo robusto del software empleado. En este mismo estudio (Mendoza y Pérez) ilustran las herramientas de cálculos estadísticos empleados y la metodología establecida en cada estado. En el estado de Zacatecas, para tal fin se utiliza *Excel*® y el cálculo es de forma manual (Figura 2); la guardia Nacional utiliza el software *SmallPond*, el CRIH adquirió *M-FISys* y como ya se mencionó con anterioridad, la FGR cuenta con CODIS.

Figura 2

Herramientas para la realización de cálculos estadísticos



Fuente: Mendoza y Pérez (2023).

DISCUSIÓN

Las Bases de Datos de ADN en la crisis forense en México y en Zacatecas

La crisis forense en México, exacerbada por la alta incidencia de desapariciones y la acumulación de cadáveres sin identificar, requiere un enfoque integral y coordinado para la identificación humana. Una de las soluciones más viables y urgentes es la implementación de una base de datos genéticos centralizada y robusta, siendo CODIS (Combined DNA Index System) la mejor opción disponible, dada su eficacia comprobada y uso extendido en múltiples países.

A nivel global, las bases de datos de ADN han demostrado ser herramientas esenciales en la resolución de crímenes y en la identificación de víctimas de desastres masivos. Países como Estados Unidos, España y Reino Unido han adoptado sistemas que operan bajo protocolos estandarizados y de calidad, como lo establece la norma ISO 17025. Estos sistemas permiten la integración y comparación de perfiles genéticos de manera eficiente y segura, lo cual ha resultado en la resolución de miles de casos criminales y humanitarios (Parsons et al., 2019; Olarte et al., 2023). La experiencia internacional subraya que la clave del éxito de estos sistemas es la interoperabilidad y la uniformidad en los procedimientos de recolección y análisis de datos genéticos.

El ejemplo de España es particularmente relevante, ya que ha integrado CODIS como parte de su sistema nacional forense, permitiendo el ingreso de perfiles genéticos bajo categorías claramente definidas, como cadáveres no identificados y víctimas desconocidas. Esto se acompaña de la asignación de un identificador único (Specimen ID) que facilita el rastreo y manejo de la información, asegurando tanto la confiabilidad como la protección de los datos personales (Hombreiro, 2014). Este modelo de implementación ha resultado en un incremento

sustancial en el número de coincidencias, demostrando la eficiencia del sistema en la práctica forense.

En México, la implementación de CODIS, un software desarrollado por el FBI y reconocido por su capacidad para almacenar, cotejar y analizar perfiles genéticos, comenzó en 2011. Sin embargo, su uso ha sido limitado principalmente a la Fiscalía General de la República (FGR), lo que deja a muchas entidades federativas con sistemas locales fragmentados, sin conexión ni homologación. Esta falta de integración impide la búsqueda de coincidencias entre estados y dificulta la identificación de personas desaparecidas a nivel nacional (Mendoza y Pérez, 2023). La diversidad de herramientas utilizadas en las fiscalías locales, como Excel® para cálculos manuales en estados como Zacatecas, resalta las disparidades tecnológicas y operativas que entorpecen los procesos de identificación (Villavicencio, 2022).

Acerca de este punto, Villavicencio (2022) menciona:

Es preciso señalar que en México no existe una base de datos genéticos nacional compartida con las 32 entidades federativas; sin embargo, la mayoría de los laboratorios estatales posee una base desarrollada por la misma institución o adquirida comercialmente para el ingreso, almacenamiento y confronta de los perfiles. En consecuencia, algunas fiscalías cuentan con bases de datos locales o regionales —de mayor o menor sofisticación— y la única que detenta una plataforma robusta es la FGR, la cual contiene los perfiles en el sistema CODIS, en donde se ingresan, almacenan y confrontan los perfiles genéticos que se envían desde el interior de la República. (p. 39)

La adopción completa y coordinada de CODIS en todas las entidades federativas traería múltiples beneficios. En primer lugar, permitiría la comparación de perfiles genéticos de manera estandarizada, lo que aumentaría las posibilidades de identificación de restos humanos y ayudaría a disminuir el rezago de más de 52,000 cuerpos sin identificar (Comisión Nacional de Búsqueda, 2023). Además, la experiencia de otros países muestra que una base de datos unificada y robusta, con perfiles actualizados y cotejados periódicamente, es fundamental para abordar con éxito crisis de gran magnitud (Da Silva et al., 2020). Por ejemplo, la Comisión Internacional sobre Personas Desaparecidas (ICMP) en los Balcanes logró identificaciones a gran escala tras el conflicto armado de la década de 1990, utilizando un enfoque de bases de datos regionales que sirvió de modelo para otros países (Parsons et al., 2019).

El caso de México requiere un esfuerzo coordinado que aborde no solo la adopción tecnológica sino también el fortalecimiento de los recursos humanos y la capacitación especializada. La implementación efectiva de CODIS en todo el país necesita que los peritos y técnicos forenses estén debidamente entrenados en su uso, garantizando la calidad y precisión de los datos ingresados. En este sentido, la falta de inversión en recursos económicos para la infraestructura forense sigue siendo uno de los mayores obstáculos. Las disparidades en los presupuestos asignados a los servicios periciales de diferentes estados han impedido la

uniformidad en los recursos disponibles, resultando en prácticas desiguales y, en ocasiones, ineficaces (Mendoza y Pérez, 2023).

Además, es imperativo que se fortalezcan los protocolos y las políticas de protección de datos personales. Las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de la información genética deben abordarse mediante regulaciones claras y mecanismos robustos que protejan los derechos de los individuos y cumplan con las normativas internacionales. Santurtún et al. (2016) destacan que el uso de regiones no codificantes del ADN para fines forenses minimiza los riesgos de violación a la intimidad, aunque estos aspectos continúan siendo objeto de debate en algunos sectores.

El marco legal en México debe actualizarse para incluir directrices específicas sobre la interoperabilidad y el intercambio de datos genéticos entre las entidades federativas y la FGR. La falta de normativas que estipulen el uso y la protección de la información recabada ha contribuido a la actual fragmentación de los esfuerzos forenses. Las recomendaciones de la ONU y de expertos internacionales enfatizan la necesidad de bases de datos centralizadas y operativas que no solo sirvan para propósitos criminales, sino también humanitarios (Da Silva et al., 2020).

La implementación completa de CODIS en México permitiría:

1. **Estandarización:** Homogeneizar los protocolos de recolección y análisis de ADN en todas las entidades federativas.
2. **Interoperabilidad:** Facilitar el intercambio de información genética entre estados y con la Fiscalía General de la República.
3. **Eficiencia:** Aumentar la tasa de identificación de cuerpos mediante el cotejo masivo y automatizado de perfiles genéticos.

CONCLUSIONES

El análisis evidencia que la identificación humana en Zacatecas enfrenta limitaciones significativas debido a la insuficiencia de recursos humanos especializados, restricciones presupuestarias y la falta de integración tecnológica. Los peritos en genética forense, esenciales para estos procesos, son escasos, y las herramientas tecnológicas, como el uso manual de Excel®, impiden la interoperabilidad a nivel nacional. A pesar de los incrementos presupuestarios en ciertos años, estos no se ajustaron consistentemente a la inflación, lo que redujo su efectividad.

Se confirma que las bases de datos de ADN, como CODIS, tienen el potencial de transformar los procesos de identificación, pero su implementación requiere una inversión sustancial en infraestructura, capacitación y políticas de interoperabilidad. Zacatecas necesita urgentemente un enfoque integral que combine tecnología avanzada, mayor capacitación, asignación presupuestaria adecuada y estándares de calidad para enfrentar la crisis forense. Estas acciones permitirán cerrar la brecha existente y mejorar la justicia y los derechos humanos en la región.

Recomendaciones

1. **Fortalecimiento de recursos humanos:** Incrementar el número de peritos capacitados en genética forense, antropología y odontología, además de homologar salarios para retener talento.
2. **Inversión tecnológica:** Implementar sistemas modernos y centralizados como CODIS en Zacatecas, garantizando su interoperabilidad con otras entidades.
3. **Políticas públicas sostenibles:** Garantizar presupuestos ajustados a la inflación y priorizar la asignación de recursos al sistema forense.
4. **Coordinación institucional:** Crear protocolos que integren las bases de datos locales con la Fiscalía General de la República para agilizar la búsqueda de coincidencias genéticas.
5. **Protección de datos:** Establecer lineamientos claros para el manejo de información genética que respeten los derechos humanos y garanticen la privacidad.

Estas acciones son fundamentales para atender la crisis forense y mejorar los procesos de identificación humana en Zacatecas.

REFERENCIAS

- Alonso, A. (s.f). Las bases de datos de ADN en el ámbito forense. *Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. Departamento de Madrid*
- Comisión Nacional de Búsqueda. (2023). *Informe sobre personas desaparecidas y no localizadas*.
- Da Silva, R. C., Wirz, L., Reyes E. S. y Del Moral, M. A. (2020). Development of DNA Databases in Latin America. *Forensic Science International*.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110540>
- Fiscalía General de la República [FGR]. (2016, 6 de septiembre). *Establecen PGR, INE y CONATrib mecanismo conjunto para la identificación de personas desaparecidas*.
<https://www.gob.mx/fgr/es/articulos/establecen-pgr-ine-y-conatrib-mecanismo-conjunto-para-la-identificacion-de-personas-desaparecidas>
- García, O., Crespillo, M. y Yurrebaso, I. (2016). Identificación de sospechosos a través de búsquedas familiares en la base de datos de ADN de interés criminal. Implicaciones sociales, éticas y científicas. *Rev Esp Med Legal*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.reml.2016.07.003>
- García, V. y Sánchez, A. (2018). Del perfil al retrato genético: dependencia de trayectoria en las tecnologías del ADN forense. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 18 (37), 261-278. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v8i37.2558>
- Goodwin, W. (2017). The use of forensic DNA analysis in humanitarian forensic action: the development of a set of international standards. *Forensic Science International*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.07.002>
- Hombreiro, L. (2014). La base de datos nacional de perfiles genéticos. Regulación, funcionamiento y operatividad. *Boletín Galego de Medicina Legal e Forense*, 20.
- Huhle, R. (2019). *Desaparición Forzada en México: Una mirada desde los organismos del sistema de Naciones Unidas* (2.^a ed). ONU-DH México, CNDH.
https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-09/lib_DesaparicionForzadaMexicoUnaMirada.pdf
- Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas. (2017, noviembre 17). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. DOF 13-05-2022.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGMDFP.pdf>
- Ley en Materia de Desaparición Forzada de Personas y Desaparición Cometida por Particulares para el estado de Zacatecas. (2020, 1 de febrero). Congreso del Estado de Zacatecas. Periódico Oficial del Estado de Zacatecas, Suplemento No. 10.
<https://www.congresozac.gob.mx/64/ley&cual=326>

- Mendoza, M. A. y Pérez A. M. (2023). Herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos para la identificación forense en México. *Revista digital de Ciencia Forense*, 2 (1), 61-81.
- Olarte, M. F., García, V. y Congram, D. (2023). Prácticas forenses y violencia en masa: perspectivas contemporáneas y retos investigativos. *Antipoda. Revista de Antropología y Arqueología*, 50, 3-17. <https://doi.org/10.7440/antipoda50.2023.01>
- Parsons, T. J., Huel, R. M. L., Bajunović, Z. y Rizvić, A. (2019). Large scale DNA identification: The ICMP experience. *Forensic Science International: Genetics*, 38, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.11.008>
- Procuraduría General de la República (2012). Desarrollo de los servicios periciales federales. Consultado el 31 de mayo de 2023. <http://www.pgr.gob.mx/Temas%20Relevantes/Documentos/transparencia/11%20Capitulo%20XI.pdf>
- Robledo, C. (2016). Genealogía e historia no resuelta de la desaparición forzada en México. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, 55, 93-114. <https://doi.org/10.17141/iconos.55.2016.1854>
- Santurtún, A., Lema, C. y Zarrabeitia, M. T. (2016). Derechos fundamentales en el contexto de las bases de datos forenses: Revisión y análisis de la Ley 78/2015 de Kuwait. *Rev Esp Med Legal*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.reml.2016.12.001>
- Scudder, N., McNevin, D., Kelty, S. F., Funk, C., Walsh, S. J. y Robertson, J. (2019). Policy and regulatory implications of the new frontier of forensic genomics: direct-to-consumer genetic data and genealogy records. *Current Issues in Criminal Justice*. <https://doi.org/10.1080/10345329.2018.1560588>
- United States Department of Justice. (2019). *Interim Policy. Forensic Genetic Genealogical DNA analysis and searching*. <https://www.justice.gov/olp/page/file/1204386/download>
- Villavicencio, A. (2022). Guía para la valoración judicial de la prueba pericial en materia de Genética. Consejo de la Judicatura Federal. https://www.cjf.gob.mx/PJD/PJD_resources/guias/lib/P01003.pdf
- Walsh, S. J., Curran, J. M. y Buckleton J. S. (2010). Modeling Forensic DNA Database. *J Forensic Sci*, 55 (5), 1174-1183. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01426.x>