



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA ODONTOLOGÍA**

Técnicas de extracción pulpar para la identificación de ADN en piezas dentales

**Trabajo de Titulación para optar al título de Odontóloga**

**Autor:**

Pomasqui Yépez, Staice Cumandá  
Tipanluisa Tipanluisa, Evelyn Yesenia

**Tutor:**

MsC. Verónica Paulina Cáceres Manzano

**Riobamba, Ecuador. 2024**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

Nosotros, Staice Cumandá Pomasqui Yépez, con cédula de ciudadanía 1004585947 y Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa con cedula de ciudadanía 0504184615 autoras del trabajo de investigación titulado: “TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN PULPAR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ADN EN PIEZAS DENTALES” certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

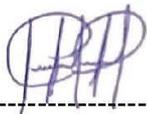
En Riobamba, a la fecha de su presentación.



Staice Cumandá Pomasqui Yépez

C.I: 1004585947

**ESTUDIANTE UNACH**



Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa

C.I: 0504184615

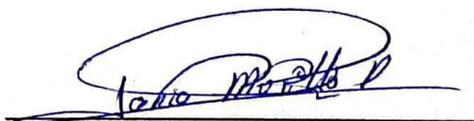
**ESTUDIANTE UNACH**

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación "TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN PULPAR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ADN EN PIEZAS DENTALES" presentado por: Staice Cumandá Pomasqui Yépez, con cédula de identidad número 1004585947 y Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa con cedula de identidad número 0504184615 emitimos el DICTAMEN FAVORABLE, conducente a la APROBACIÓN de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

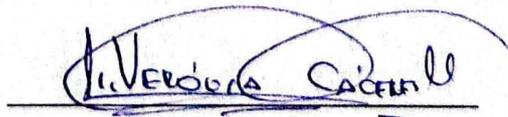
Dra. Tania Jacqueline Murillo Pulgar  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



MsC. Verónica Paulina Cáceres Manzano  
TUTOR



## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN PULPAR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ADN EN PIEZAS DENTALES" presentado por: Staice Cumandá Pomasqui Yépez, con cédula de identidad número 1004585947 y Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa con cedula de identidad número 0504184615, bajo la tutoría de MsC. Verónica Paulina Cáceres Manzano; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los días de su presentación.

**Presidente del Tribunal de Grado**

MsC. Silvia Alexandra Reinoso Ortiz



Firma

**Miembro del Tribunal de Grado**

Dra. Tania Jacqueline Murillo Pulgar



Firma

**Miembro del Tribunal de Grado**

Dr. Xavier Guillermo Salazar Martínez.



Firma



Comisión de Investigación y Desarrollo  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DE LA SALUD



Riobamba, 07 de octubre del 2024  
Oficio N°086-2024-1S-TURNITIN -CID-2024

Dr. Carlos Alban  
DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
UNACH

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por la MsC. Verónica Cáceres, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio No. 1037-D-FCS-ACADÉMICO-UNACH-2024, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa TURNITIN, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos de los estudiantes	% TURNITIN verificado	Validación	
					Si	No
1	1037-D-FCS-06-09-2024	Técnicas de extracción pulpar para la identificación de ADN en piezas dentales	Pomasqui Yepez Staice Cumandá  Tipanluisa Tipanluisa Evelyn Yesenia	9	x	

Atentamente



PhD. Francisco Javier Ustáriz Fajardo  
Delegado Programa TURNITIN  
FCS / UNACH  
C/c Dr. Vinicio Moreno – Decano FCS



CIENCIAS DE LA SALUD SOLUDABLE recomienda: utilizar ropa y calzado que cubra áreas expuestas a sol, gafas, gorra o sombrero para la realización de actividades al aire libre, que de preferencia se realizarán en espacios con sombra entre las 10h00 y 15h00; crema fotoprotectora de amplio espectro resistente al agua todos los días y cada dos horas si hay exposición al sol. La protección solar y cuidado de la piel es nuestra responsabilidad, POR NUESTRA PIEL SOLUDABLE.



Av. Antonio José de Sucre, Km. 1.5  
Correo: francisco.ustariz@unach.edu.ec  
Riobamba - Ecuador

Unach.edu.ec  
en movimiento



## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo por sobre todas las cosas a Dios quien a lo largo de este camino no me ha dejado sola al igual que mis incondicionales; mis papis Lauro y Gabriela, mis hermanos Mateo y Kaleb quiénes han estado siempre y han creído en mi incluso cuando ni yo mismo lo hacía.

A mis familiares y amigos en especial a Lourdes, Roberto, Danny, Naty, Keily y mis abuelitos. Por ser mi apoyo incondicional en esta larga trayectoria.

A todos los que formaron parte del inicio de este gran sueño, a los que llegaron durante y aquellas personas que forman parte de mi presente.

Por y para ustedes con todo el amor del mundo este logró es también de ustedes.

*Staice Cumandá Pomasqui Yépez*

Se lo dedico en primer lugar a Dios y a mis queridos padres Hilda Margoth Tipanluisa y Julio Alonso Tipanluisa, por haber sido mis pilares fundamentales en mi vida universitaria, por apoyarme en mi educación y crecimiento profesional, por ayudarme a seguir adelante, a pesar de las dificultades y enseñarme a seguir luchando hasta el final.

A mis abuelos, que siempre estuvieron a mi lado y me dieron todo su amor para seguir adelanté, y no quedarme a mitad del camino.

A mi hermano Alonso por su apoyo incondicional, por sus palabras de fortaleza a pesar de la distancia que nos separaba.

A mi pareja por haber sido mi amigo, mi guía y enseñarme que siempre debo luchar por los sueños.

*Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi padre, por haber sido un hombre maravilloso, que siempre me apoyo incondicionalmente para poder culminar mi carrera universitaria.

A mi madre, por ser una mujer admirable, que siempre me alentaba a seguir adelante sin importar las dificultades que se me presentara en el camino.

Gracias a ellos y a su apoyo incondicional tuve la dicha de seguir una carrera maravillosa.

*Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa*

Todos mis triunfos y derrotas, las dedico en primera instancia a Dios, con él todo y sin él nada.

Gratitud con mis dos pilares fundamentales: Lauro y Gabriela, quiénes han estado para mí incondicionalmente a mis dos hermanos: Mateo y Kaleb quiénes han sido mi fortaleza, alegría y resistencia durante toda esta trayectoria.

Mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que formaron parte de este duro camino a los que estuvieron al inicio, los que llegaron en el transcurso y los que seguramente me acompañan hasta el final. En especial a: Danny, Lourdes, Naty, Keily, Johan y mis abuelos.

*Staiçe Cumandá Pomasqui Yépez*

Gratitud con nuestra tutora MsC. Verónica Paulina Cáceres Manzano por su apoyo y guía durante el transcurso de este largo proceso, por dedicarnos su tiempo, para llegar a feliz término.

*Staiçe Cumandá Pomasqui Yépez*

*Evelyn Yesenia Tipanluisa Tipanluisa*

# ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL .....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA .....	
AGRADECIMIENTO .....	
ÍNDICE GENERAL .....	
ÍNDICE DE TABLAS .....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT .....	
CAPÍTULO I.....	16
1.1.    Introducción.....	16
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.2.    Antecedentes.....	19
1.3.    Ciencias Forenses .....	22
1.4.    Medicina Legal .....	24
1.5.    Odontología Forense.....	26
1.5.1.    Importancia de la Odontología Forense.....	27
1.6.    Identificación de cuerpo a través de la odontología forense .....	28
1.6.1.    Registros dentales pre-mortem .....	30
1.7.1.    Ácido desoxirribonucleico (ADN) Dental .....	35

1.7.2.	Ácido desoxirribonucleico (ADN) en Odontología Forense.....	37
1.8.	Técnicas de Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) .....	38
1.8.1.	Técnica de Descalcificación.....	40
1.9.	Aplicaciones de la Identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) en Casos Forenses .....	43
1.10.	Limitaciones y Desafíos en la Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) Pulpar	44
1.11.	Innovaciones en las Técnicas de Extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) Pulpar	45
1.12.1.	Radiografía Digital .....	46
1.12.2.	Tomografía Computarizada (TC):.....	47
CAPÍTULO III .....		50
METODOLOGÍA.....		50
2.1.	Tipo de investigación.....	50
2.2.	Diseño de investigación .....	50
2.3.	Pregunta PICO.....	51
2.4.	Criterios de selección.....	51
2.5.	Criterios de exclusión .....	51
2.6.	Diseño de Investigación .....	51
2.6.1.	Población y tamaño de la muestra .....	51
2.7.	Estrategias de Búsqueda.....	52
2.8.	Método PRISMA en Investigación.....	52
CAPÍTULO IV .....		54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		54
2.9.	Resultados .....	54
2.10.	Discusión .....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		86
Conclusiones .....		86

Recomendaciones .....	87
BIBLIOGRAFÍA .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valoración de estudio con la Escala PEDro .....	56
<b>Tabla 2</b> Investigaciones consideradas para el estudio.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo en el método PRISMA. ....	53
<b>Figura 2.</b> Número de artículos en inglés y español. Hay 4 artículos en inglés y 6 artículos en español. ....	54
<b>Figura 3.</b> Artículos por repositorios. Los datos se distribuyen de la siguiente manera: PubMed: 3 artículos, Scielo: 2 artículos, Redalyc: 1 artículo, Scopus: 2 artículos, Science Direct: 2 artículos.....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registros dentales .....	20
Ilustración 2. Extracción de piezas dentales para el análisis forense.....	24
Ilustración 3. Fase de reducción esquelética .....	25
Ilustración 4 Comparación de la morfología dental.....	26
Ilustración 5. Trauma Dental y Forense.....	29
Ilustración 6 Etapa pre- mortem .....	31
Ilustración 7 Mandíbula post- mortem.....	32
Ilustración 8 Estructura del ácido desoxirribonucleico(ADN).....	34
Ilustración 9 Custodia de ácido desoxirribonucleico(ADN).....	36
Ilustración 10 Marcas dentales .....	37
Ilustración 11. Extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) en dientes.....	39
Ilustración 12 Descalcificación para extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN).....	40
Ilustración 13 Lavado en Columnas de Hidroxiapatita.....	42
Ilustración 14. Extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar .....	45
Ilustración 15. Radiología Digital.....	47
Ilustración 16. Tomografía Computarizada.....	48
Ilustración 17. Modelo 3D.....	49

## RESUMEN

El objetivo del estudio es determinar las técnicas más efectivas para extraer ácido desoxirribonucleico (ADN) de piezas dentales con fines forenses, centrándose en situaciones donde la identificación de cadáveres es difícil, como cuerpos descompuestos o desastres naturales. Se realizó una revisión sistemática utilizando el método PRISMA de donde se determinó un total de 10 artículos para evaluar las técnicas de extracción de ADN en odontología forense. A ello se destaca como parte de los resultados que la pulpa dental debido a su protección por el esmalte y la dentina, es una excelente fuente de ADN, incluso en condiciones post-mortem adversas, como cuerpos incinerados, pues en dientes sometidos a altas temperaturas, las técnicas como la extracción con resina quelante Chelex 100 y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) demostraron ser altamente eficaces en la amplificación de ADN. Los desafíos de extraer ADN en escenarios forenses difíciles, como cuerpos quemados o sumergidos, pero enfatiza la utilidad del ADN dental para la identificación humana. A ello se concluye la importancia de la odontología forense en la identificación de víctimas en situaciones extremas y la eficacia de las técnicas revisadas. Se recomienda continuar investigando mejoras en las técnicas de extracción, especialmente en lo que respecta a métodos menos invasivos que permitan conservar la morfología dental y obtener ADN de alta calidad para análisis posteriores.

**Palabras claves:** ácido desoxirribonucleico(ADN), odontología forense, piezas dentales, pulpa dental.

## **ABSTRACT**

The aim of the study is to determine the most effective techniques for extracting deoxyribonucleic acid (DNA) from teeth for forensic purposes, focusing on situations where the identification of corpses is difficult, such as decomposed bodies or natural disasters. A systematic review was conducted using the PRISMA method, which determined a total of 10 articles to evaluate DNA extraction techniques in forensic dentistry. It is highlighted as part of the results that dental pulp, due to its protection by enamel and dentin, is an excellent source of DNA, even in adverse post-mortem conditions, such as incinerated bodies. In teeth subjected to high temperatures, techniques such as extraction with Chelex 100 chelating resin and polymerase chain reaction (PCR) proved to be highly effective in amplifying DNA. The challenges of extracting DNA in difficult forensic scenarios, such as burned or submerged bodies, but emphasizes the usefulness of dental DNA for human identification. This concludes the importance of forensic dentistry in identifying victims in extreme situations and the effectiveness of the techniques reviewed. It is recommended to continue researching improvements in extraction techniques, especially regarding less invasive methods that allow preserving dental morphology and obtaining high-quality DNA for later analysis.

**Keywords:** deoxyribonucleic acid (DNA), forensic dentistry, teeth, dental pulp.

**Reviewed by:**

**M.E.d** Diana Chavez G.

**ENGLISH PROFESSOR**

**C.C.** 065003795-5

# CAPÍTULO I.

## 1.1. Introducción.

Las ciencias forenses son un campo multidisciplinario que utiliza principios y técnicas científicas para resolver asuntos legales y judiciales. Incluye una variedad de campos, como biología, química, informática e ingeniería, todos los cuales se centran en la recopilación, análisis e interpretación de pruebas físicas. Su principal objetivo es apoyar a los sistemas judiciales en la investigación y resolución de crímenes, proporcionando pruebas objetivas que respalden los procedimientos legales y garanticen la justicia (García J. , 2014) .

Los profesionales en ciencias forenses trabajan estrechamente con autoridades, abogados y jueces para esclarecer eventos delictivos, identificar responsables y exonerar a inocentes, empleando metodologías rigurosas y tecnologías científicas avanzadas.

La criminalística, por otra parte, es una disciplina fundamental dentro del ámbito de las ciencias forenses, se enfoca en el análisis y reconstrucción de eventos delictivos a partir de la investigación de evidencias físicas (Aeegui, Bazantes, & Corral, 2023). Su objetivo principal consiste en determinar la secuencia de acciones y la participación de individuos en un crimen, mediante la minuciosa inspección de huellas, rastros biológicos, sustancias químicas, documentos y otros indicios.

Los criminalistas utilizan técnicas especializadas como la balística, la dactiloscopia, la toxicología y la informática forense para recopilar y analizar pruebas en el lugar del crimen y en laboratorios especializados. En los procedimientos judiciales, la criminalística proporciona un fundamento científico y objetivo que facilita la identificación de los responsables y el esclarecimiento de la verdad (Pérez, s.f).

La odontología forense es una rama de estas ciencias que utiliza el conocimiento odontológico para identificar personas y resolver casos legales. Esta especialización es esencial en situaciones donde los métodos convencionales de identificación, como las huellas dactilares o el ácido desoxirribonucleico (ADN) no funcionan, como en cuerpos descompuestos, carbonizados o mutilados (Maldonado & Laborda, s.f). Los odontólogos forenses buscan víctimas de desastres, accidentes o delitos comparándolos con registros odontológicos previos o creando nuevas bases de datos. Este campo también se involucra en la evaluación de lesiones relacionadas con agresiones físicas

y abusos, proporcionando informes periciales que contribuyen a esclarecer circunstancias delictivas y a la administración de justicia.

El análisis de las técnicas de extracción pulpar empleadas en la determinación de ácido desoxirribonucleico (ADN) en piezas dentales, es un campo crucial dentro de la odontología forense. Esta disciplina se dedica al manejo adecuado, recolección y presentación de la evidencia dental de cuerpos para fines legales.

La odontología forense se ha convertido en una ciencia esencial para la justicia en el mundo actual, marcado por un aumento en la incidencia de violencia, homicidios, suicidios y desastres naturales. La cavidad oral, junto con sus componentes como dientes, paladar, maxilar y mandíbula, protege valiosas evidencias que son determinantes para la identificación de cadáveres, especialmente en casos de cuerpos en estados avanzados de descomposición o mutilación.

Uno de los problemas centrales que enfrenta la odontología forense en Ecuador es la falta de especialización y el insuficiente registro y almacenamiento de datos en las historias clínicas, modelos de estudio y radiografías (Carguacundo, 2023). Esta carencia dificulta la interpretación adecuada de los indicios dentales encontrados en los lugares del crimen y la identificación de víctimas de manera precisa. Además, la inexistencia de una base de datos global que centralice la información necesaria para la identificación forense es un obstáculo significativo.

La odontología forense, con sus métodos y técnicas desarrollados durante años, brinda un panorama amplio que permite la identificación de personas desaparecidas. Los dientes, debido a sus características físico-químicas, pueden soportar temperaturas extremas sin dañar el material pulpar. Dado que contiene una alta concentración de ácido desoxirribonucleico (ADN), que es esencial para la identificación humana, este material es crucial. La principal fuente de material genético para la identificación forense es la pulpa dental, que está protegida por la estructura del diente.

El objetivo general de esta investigación es identificar las técnicas de extracción pulpar para la determinación de ácido desoxirribonucleico (ADN) en piezas dentales. Los objetivos específicos incluyen definir las diferentes técnicas de extracción utilizadas para la identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN), identificar las características específicas

de estas técnicas y describir los tipos de muerte que han sido resueltos mediante la identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) utilizando la extracción pulpar.

Este estudio no solo se orienta a enriquecer el conocimiento teórico en el ámbito de la odontología forense, sino también a guiar la práctica clínica, proporcionando una base sólida para la aplicación de técnicas de extracción pulpar en casos forenses.

La metodología de esta investigación se basa en una revisión bibliográfica exhaustiva, priorizando artículos de gran impacto y estudios relevantes. A través de un análisis detallado, se pretende ofrecer información sobre los beneficios y desventajas de las distintas técnicas de extracción pulpar.

Los resultados, respaldados por estudios de caso, se presentarán como una perspectiva actualizada sobre las mejores prácticas en el ámbito de la odontología forense. Este enfoque integral busca consolidar una base de conocimientos robusta que sirva tanto a estudiantes como a profesionales, empoderándolos para alcanzar mayores niveles de éxito en sus prácticas forenses y reducir la variabilidad en las mismas, mejorando los resultados en la identificación de cadáveres y en la administración de justicia.

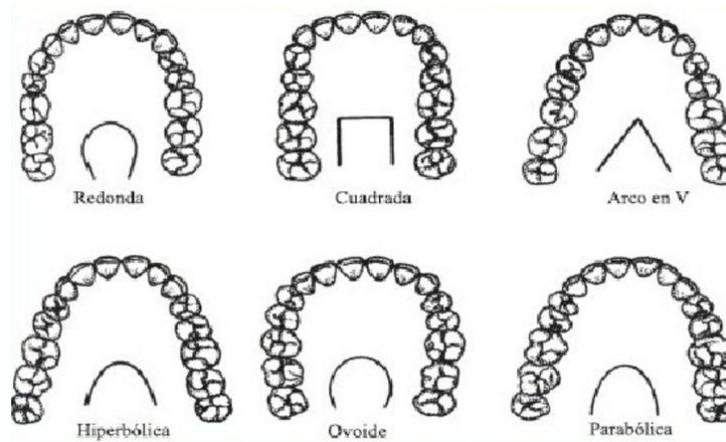
## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

El análisis del ácido desoxirribonucleico (ADN) se ha convertido en una herramienta fundamental en múltiples campos, desde la investigación forense hasta la arqueología. En este contexto, la extracción de material genético de piezas dentales representa una técnica destacada debido a la durabilidad y protección del ácido desoxirribonucleico (ADN) en el tejido pulpar dental frente a factores ambientales adversos (Ramirez, Almeida, Cáceres, & Lucena, 2024).

Este método implica procesos meticulosos donde se aísla y purifica el ácido desoxirribonucleico (ADN) de la pulpa dental, permitiendo su posterior análisis y comparación. Las técnicas modernas de extracción pulpar se han refinado para maximizar la integridad y cantidad del ácido desoxirribonucleico (ADN) recuperado, lo cual es crucial para asegurar la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos (Guillen, La identificación humana mediante análisis de ADN en pulpas dentales. Universidad Católica de Cuenca , 2022). La optimización de estos procedimientos es vital para superar los desafíos que presenta la degradación del material genético en condiciones menos ideales, ofreciendo así un camino prometedor para el esclarecimiento de investigaciones forenses y la reconstrucción de perfiles genéticos históricos.



*Ilustración 1.* Registros dentales (Robalino, 2023).

Para Rodríguez (Rodríguez, 2022) en su estudio sobre Análisis de las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) en piezas dentales con fines identificativos forenses, se analiza la relevancia de las metodologías utilizadas en la obtención de muestras de ácido desoxirribonucleico (ADN) dental con fines de identificación forense, respaldando este análisis en una exhaustiva revisión sistemática de la literatura especializada.

El principal propósito de la investigación realizada por Rodríguez es determinar la técnica más eficiente para extraer ácido desoxirribonucleico (ADN) de muestras dentales con el fin de utilizarlo en procedimientos de identificación forense, considerando la preservación de tejidos dentales en diferentes estados de descomposición. Se utilizaron técnicas metodológicas particulares para recolectar y analizar la información, las cuales incluyeron criterios de inclusión y exclusión bien definidos. Estos criterios se fundamentaron en la importancia y la rigurosidad científica de los estudios investigados.

Según los resultados del análisis, se ha determinado que la técnica de descalcificación es la más eficaz, ya que permitió revelar ácido desoxirribonucleico (ADN) utilizable en el 98% de las muestras analizadas. Esta técnica superó a otras como la extracción orgánica y el uso de sílica. La superioridad de la descalcificación se atribuye a su capacidad para purificar el ácido desoxirribonucleico (ADN) de posibles contaminantes que podrían interferir con la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la cual es un paso crucial en la tipificación del ácido desoxirribonucleico (ADN).

Las conclusiones del estudio indican que la descalcificación debe ser considerada como una técnica estándar para la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de piezas dentales en contextos forenses. Se recomienda además seguir investigando para mejorar esta técnica y evaluar su utilidad en diversas condiciones de conservación de las muestras dentales.

Por otro lado, en el estudio de “la identificación humana mediante análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en pulpas Dentales” de Guillén (Guillén, 2023) se plantea como objetivo principal determinar la efectividad de diferentes métodos de análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en la identificación forense a través del uso de tejido pulpar dental. El presente estudio se sitúa dentro del ámbito de la investigación de técnicas eficaces para la identificación de individuos en escenarios forenses, particularmente en casos donde las características de los restos puedan plantear desafíos importantes, como es el caso de la alta degradación. La investigación se basó en un enfoque cualitativo, empleando una metodología bibliográfica-documental para examinar información de investigaciones actuales realizadas a partir del año 2017, las cuales fueron seleccionadas de bases de datos científicas reconocidas. Los criterios de inclusión y exclusión fueron claramente establecidos con el fin de garantizar la pertinencia y la calidad de la información evaluada, lo cual ha proporcionado un fundamento sólido para la realización del análisis sistemático correspondiente.

Según los resultados del estudio, la técnica de descalcificación se ha mostrado como más efectiva en la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de alta calidad de las pulpas dentales, lo cual resulta fundamental para la realización exitosa de la identificación forense. Este procedimiento demostró ser más eficaz que otros métodos, como la extracción orgánica y el empleo de kits comerciales, debido a su habilidad para reducir la contaminación y optimizar la integridad del ácido desoxirribonucleico (ADN) obtenido. El estudio resalta la relevancia de proseguir con la investigación en este ámbito con el fin de mejorar las técnicas actuales y examinar nuevas metodologías que puedan brindar resultados más precisos y confiables en el ámbito de la identificación forense.

Barrio (Barrio P. , 2013) realiza una “revisión de métodos de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) a partir de restos óseos en el laboratorio forense” , la revisión detallada de las técnicas utilizadas en laboratorios forenses para extraer ácido desoxirribonucleico (ADN) de restos óseos. El enfoque principal es la identificación de individuos en situaciones donde los restos han sido deteriorados por condiciones

tafonomías desfavorables. En esta revisión se analiza la viabilidad de utilizar restos óseos como fuente de ácido desoxirribonucleico (ADN) en investigaciones de identificación genética.

Se destacan los obstáculos relacionados con la conservación del ácido desoxirribonucleico (ADN) y los desafíos metodológicos vinculados a su extracción, en particular la posible coextracción de inhibidores de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). El estudio se centra en los protocolos de extracción más eficaces para reducir la presencia de inhibidores, lo cual es fundamental para la adecuada amplificación del ácido desoxirribonucleico (ADN) y su posterior análisis.

Los hallazgos de este estudio ponen de manifiesto la eficacia del proceso de descalcificación en la eliminación de inhibidores y en la mejora de la calidad del ácido desoxirribonucleico (ADN) extraído. Este procedimiento es esencial para la obtención de perfiles genéticos precisos y fiables. Se debate la eficacia de determinados protocolos que integran la descalcificación con técnicas basadas en sílice, las cuales han sido diseñadas para abordar de manera óptima los desafíos específicos asociados con el ácido desoxirribonucleico (ADN) deteriorado y contaminado en muestras óseas.

Se recomienda la implementación de estos métodos avanzados en laboratorios forenses en términos de conclusiones. Su capacidad para mejorar significativamente la calidad del ácido desoxirribonucleico (ADN) obtenido de restos óseos y facilitar la identificación en casos forenses complejos es destacada. Se destaca la relevancia de proseguir con la investigación y la innovación de métodos novedosos que puedan enfrentar de manera efectiva la diversidad de desafíos tafonómicos y de contaminación que impactan en las muestras óseas dentro del ámbito forense.

## **2.2.Ciencias Forenses**

Las ciencias forenses comprenden una variedad de disciplinas especializadas en la interpretación de evidencia física dentro del marco legal. Este ámbito engloba disciplinas que van desde la biología, química hasta la física y la informática, ajustando sus técnicas para la examinación y evaluación de pruebas. La relevancia de las ciencias forenses radica en su habilidad para proporcionar datos objetivos y científicos que puedan ser empleados en procedimientos legales (Álvarez, y otros, 2019).

En la actualidad, la biología forense desempeña una función fundamental, destacando el análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) como una herramienta esencial para la identificación de individuos y la determinación de vínculos genéticos. Los progresos tecnológicos han posibilitado el análisis de muestras biológicas degradadas, permitiendo la extracción de información genética significativa. La capacidad mencionada ha transformado la resolución de casos al proveer pruebas contundentes que conectan a sospechosos con lugares del delito o absuelven a personas injustamente señaladas, lo que resulta en una mejora de la exactitud y la eficacia del sistema judicial (Willis, 2018).

La química forense se enfoca en la investigación y análisis de sustancias químicas que se encuentran en los lugares donde se ha cometido un delito, desde drogas y toxinas hasta restos de disparos y explosivos. El análisis químico forense no solo ayuda a descubrir las características de las sustancias, sino que también permite determinar su procedencia y posible uso en el contexto de un delito. La disciplina en cuestión es crucial en casos de intoxicaciones, adicciones o actos terroristas porque proporciona información detallada que puede guiar las investigaciones y respaldar las afirmaciones legales tanto de la acusación como de la defensa (García R. , 2020).

Aunque es menos conocida, la física forense juega un papel importante en la reconstrucción de escenas del crimen, particularmente en accidentes y actos violentos. Para determinar la secuencia de los eventos, esta disciplina estudia patrones sanguíneos, trayectorias de proyectiles y dinámicas de colisiones. Los análisis mencionados son esenciales para comprender la secuencia de los acontecimientos, la ubicación de las personas involucradas y la determinación de lesiones o fallecimientos, lo que establece un fundamento científico para las teorías del caso (Baena, y otros, 2021).

La informática forense es una disciplina en expansión que se encarga de enfrentar los desafíos que surgen del uso de la tecnología digital y los delitos cibernéticos. Debido a la ubicuidad de los datos digitales en la actualidad, la recuperación de datos de dispositivos electrónicos como computadoras, teléfonos móviles y otros medios digitales es crucial. Esta ley no solo se ocupa de recuperar datos que han sido eliminados o dañados, sino que también garantiza que la cadena de custodia sea segura y que los datos se presenten de manera legal y coherente en un tribunal (Hidalgo, Hidalgo, Hidalgo, Lattorre, & N, 2024).

El avance de las ciencias forenses depende de su contribución a la educación y capacitación continua. Es crucial destacar que las ciencias forenses juegan un papel importante en la formación continua de los profesionales, asegurando que estén al tanto de las tecnologías y

métodos más recientes. Los programas de capacitación y certificación no solo preparan a estos especialistas para enfrentar los desafíos complejos y cambiantes de su trabajo diario, sino que también garantizan la integridad del proceso judicial. Esto aumenta la confianza del público en el sistema legal y garantiza que la justicia se administre de manera ética y precisa.



*Ilustración 2.* Extracción de piezas dentales para el análisis forense (Ramos, 2019).

### **2.3.Medicina Legal**

Siendo un campo fundamental de la medicina, la medicina legal juega un papel importante en el sistema judicial al proporcionar pruebas médicas imparciales, lo que puede tener un impacto en la resolución de casos legales. La evaluación y determinación de circunstancias relacionadas con lesiones, muertes y otras condiciones médicas que tienen implicaciones legales es una disciplina interdisciplinaria que combina principios de la medicina con normativas legales. La principal responsabilidad de esta figura es asegurarse de que los exámenes médicos sean realizados de manera ética, precisa y basada en la evidencia científica en situaciones legales (Comisión Nacional , 2017).



*Ilustración 3.* Fenómenos cadavéricos tardíos. Fase de reducción esquelética (Robalino, 2023).

Uno de los aspectos más importantes de la medicina forense es la autopsia médico-legal, que se realiza con el fin de determinar tanto la causa como la forma en que ocurrió el fallecimiento. Este proceso es crucial para resolver disputas en casos de seguros y responsabilidades médicas, así como para completar investigaciones criminales. Una autopsia puede encontrar pruebas de abuso, envenenamiento o patologías no detectadas. Estas respuestas definitivas son esenciales para el sistema judicial y la toma de decisiones legales (Trezza, Lossetti, & Patito, s.f).

La evaluación de la capacidad mental de las personas para participar en juicios, tomar decisiones relacionadas con su salud y redactar testamentos es importante para la medicina legal. En el ámbito legal, la evaluación de la competencia mental es crucial porque puede afectar la toma de decisiones sobre custodia, gestión de patrimonios y procesos judiciales. Para realizar un diagnóstico clínico que respalde o cuestione la capacidad de una persona en un contexto legal, los profesionales de la medicina legal utilizan pruebas psiquiátricas y neurológicas (Van, Kunst, & De Keijer, 2020).

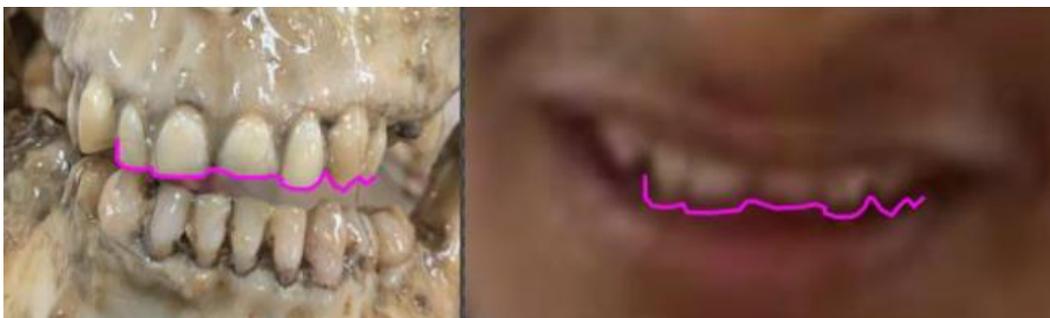
La medicina legal también incluye el campo de la responsabilidad médica, que es donde se examinan los casos de presunta negligencia o mala praxis. Los expertos en medicina legal analizan los registros médicos y las prácticas para determinar si el cuidado brindado se alineó con los estándares médicos aceptados. El análisis actual es esencial para proteger los derechos de los pacientes y asegurar que los profesionales de la salud sean responsables de su comportamiento ético.

La medicina forense crea e implementa protocolos para gestionar e identificar a las víctimas en casos de desastres masivos o actos terroristas. Esta función es crucial porque ayuda a un proceso sistemático de identificación de víctimas y proporciona datos esenciales para investigaciones legales y de seguros al documentar adecuadamente los fallecimientos y lesiones (Bittar, 2023). La competencia de las autoridades médico-legales en el manejo de estos eventos no solo se refleja en su capacidad, sino que también desempeña un papel crucial en la reducción del trauma en las comunidades afectadas.

La educación continua en medicina legal es crucial y no debe subestimarse. Los profesionales médico-legales deben mantenerse al día con los avances en ciencias médicas y tecnologías diagnósticas. La capacitación continua garantiza que estos profesionales mantengan las habilidades necesarias para realizar evaluaciones precisas y éticas, lo que fortalece la relación entre la medicina y la ley y garantiza la integridad del proceso judicial.

#### **2.4. Odontología Forense**

La odontología forense es una disciplina fundamental dentro de las ciencias forenses, dedicada al uso de conocimientos odontológicos en la resolución de casos legales. Este campo abarca la identificación de individuos mediante el análisis de estructuras dentales y maxilofaciales, especialmente en situaciones donde otros métodos de identificación resultan inviables debido a la destrucción o descomposición del cuerpo. La importancia de la odontología forense radica en la resistencia de los dientes a diversos agentes destructivos, permitiendo la preservación de evidencias cruciales como la pulpa dental, que contiene ácido desoxirribonucleico (ADN) utilizable para la identificación genética (Hung, Thi, Aboudharam, Raoult, & Drancourt, 2007) (Ba Hoang, Drancourt, & Aboudharam, 2022).



*Ilustración 4* Comparación de la morfología dental (Robalino, 2023).

El análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en odontología forense se inició con el trabajo pionero de Sir Alec Jeffreys en 1984, quien desarrolló sondas moleculares radioactivas capaces de identificar regiones hipervariables del ácido desoxirribonucleico (ADN), determinando patrones únicos para cada individuo. Las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de piezas dentarias incluyen la descalcificación, el lavado en columnas de hidroxiapatita, el uso de sílice y la digestión con proteínas, todas diseñadas para obtener material genético suficiente para la identificación precisa de un individuo (Sessa, y otros, 2024).

En el contexto de la identificación forense, los dientes son una fuente vital de información debido a su capacidad para resistir altas temperaturas y otros factores ambientales que podrían destruir otros tejidos corporales (Notario, 2016). La odontología forense no solo se aplica en la identificación de víctimas de crímenes y desastres naturales, sino también en casos de abusos infantiles y maltrato, donde las marcas de mordeduras pueden proporcionar evidencias críticas para las investigaciones legales (Jeffreys, 2013) .

#### ***2.4.1. Importancia de la Odontología Forense***

La odontología forense es un área fundamental en el ámbito de la medicina legal, que se enfoca en la utilización de conocimientos odontológicos para abordar asuntos legales y criminales. La identificación de personas a través del análisis dental es una de las aplicaciones más significativas de esta disciplina, sobre todo en contextos donde otros métodos de identificación no son factibles. Las particularidades distintivas de la dentadura, tales como las restauraciones, la morfología y el patrón de desgaste, ofrecen indicios fundamentales que pueden ser utilizados para establecer la identidad de individuos desaparecidos o afectados por desastres (Espín D. , 2023).

La odontología forense desempeña una función fundamental en la evaluación de la edad cronológica de los restos humanos. El desarrollo dental proporciona signos de la edad, especialmente en individuos menores, cuando otras técnicas pueden resultar ineficaces. La capacidad mencionada es fundamental en el ámbito legal, no solo para la identificación de restos, sino también para establecer la mayoría de edad en situaciones de inmigración irregular o al atribuir responsabilidades legales a personas cuya documentación de identidad es ambigua (Bianchi, y otros, 2022).

Este campo también contribuye significativamente al estudio de las lesiones por mordeduras, lo cual puede resultar esencial para resolver delitos violentos como asaltos o abusos sexuales. Es posible encontrar una conexión entre un sospechoso y la escena del crimen o la víctima al analizar detenidamente los patrones de mordeduras. La comparación de las marcas de estas marcas con las características dentales de una persona sospechosa puede proporcionar pruebas concluyentes para procesos legales (Espín D. , 2023).

La odontología forense abarca no solo la identificación y el análisis de mordeduras, sino también la investigación de lesiones en los tejidos blandos y duros de la cavidad oral que pueden indicar actos violentos o abusivos. Estos hallazgos pueden ser utilizados en juicios por agresiones o en investigaciones de fallecimientos sospechosos, donde los detalles de las lesiones en la cavidad bucal pueden revelar la naturaleza de la violencia (Bianchi, y otros, 2022).

La odontología forense contribuye al desarrollo de sistemas de identificación más efectivos en el ámbito preventivo. Por ejemplo, la inclusión de registros dentales detallados en bases de datos nacionales e internacionales ayuda a identificar rápidamente a las personas en situaciones catastróficas. Esto es crucial para la pronta respuesta a las emergencias, así como para la conclusión y el manejo emocional de las familias afectadas (Cunha, 2019).

La educación y la capacitación en odontología forense son esenciales para garantizar la precisión y la integridad ética en este campo. La capacitación continua y la actualización en técnicas avanzadas garantizan que los profesionales estén preparados para enfrentar los desafíos de la interpretación de evidencias dentales. La estandarización de procedimientos promueve la uniformidad y la aceptación de los hallazgos odontológicos como evidencia judicial válida y confiable a nivel mundial.

## **2.5. Identificación de cuerpo a través de la odontología forense**

En el ámbito de la odontología forense, la identificación de cuerpos en situaciones donde otros métodos convencionales pueden resultar ineficaces es un aspecto crucial. La estructura dental es útil porque puede resistir condiciones extremas que podrían dañar otras partes del cuerpo, como altas temperaturas o descomposición avanzada. Los odontólogos forenses comparan los registros dentales previos y posteriores a la muerte para determinar la identidad de las personas cuya identidad es desconocida (Espín D. , 2023). Este procedimiento ofrece

un método confiable y efectivo para la resolución de casos, que de lo contrario, quedarían sin resolver.

El proceso de identificación inicia con la meticulosa recopilación de todos los registros dentales disponibles de los restos hallados. Los elementos mencionados pueden comprender radiografías, registros clínicos y modelos de estudio que son empleados por los odontólogos con el fin de obtener un análisis minucioso de la dentadura. La comparación de las características mencionadas con la información dental de individuos desaparecidos puede revelar similitudes relevantes que validen la identidad de una persona (Ríos, Campos, Campos, Helmes, & Guevara, 2020). La práctica mencionada demanda una precisión meticulosa y un profundo conocimiento de la anatomía dental, así como de las variaciones individuales.

La odontología forense abarca más que la simple comparación de registros. Los especialistas pueden examinar las características dentales distintivas, como restauraciones, particularidades del esmalte y patrones de desgaste, para elaborar un perfil que pueda ser comparado para identificar similitudes con registros ya existentes en situaciones donde no se disponga de registros previos. En situaciones de desastres masivos, donde la identificación rápida es esencial para la respuesta y recuperación, el enfoque proactivo es particularmente ventajoso (Khan & Manica, 2023).



**Ilustración 5.** Trauma Dental y Forense (Robalino, 2023).

Los avances tecnológicos han mejorado significativamente la eficacia de la odontología forense. El uso de software de alta tecnología permite la digitalización y el análisis automatizados de historiales dentales, lo que facilita la identificación y mejora la precisión del proceso. Esta tecnología simplifica las tareas en escenarios con múltiples víctimas y proporciona resultados rápidos que son cruciales en el ámbito forense porque puede analizar y contrastar una gran cantidad de datos en un corto periodo de tiempo (Machado, 2024).

La práctica de la odontología forense no solo ayuda a cerrar casos y resolver interrogantes legales, sino que también tiene un gran impacto en la vida de las personas. Al identificar a las víctimas, las familias tienen la oportunidad de comenzar el proceso de duelo y terminar un episodio doloroso con la certeza de que algo pasó. En este campo de la odontología forense, la sensibilidad y la ética son cruciales para el tratamiento de restos humanos y la difusión de los resultados a los familiares (Nava, Albany, & Vilchez, 2015).

La importancia de la capacitación continua en odontología forense radica en su relevancia para mantener la precisión y la eficacia de este campo. Para abordar los desafíos y elevar continuamente los niveles de excelencia en su campo laboral, los profesionales deben estar actualizados en las técnicas y tecnologías más recientes. La odontología forense sigue avanzando como un campo clave en la ciencia forense contemporánea, manteniendo su relevancia y eficacia en un mundo dinámico y cambiante.

### ***2.5.1. Registros dentales pre-mortem***

Los odontólogos forenses necesitan la técnica de comparar registros dentales pre-mortem para identificar cuerpos o restos humanos en situaciones donde la identificación visual o por huellas dactilares no es factible. El procedimiento requiere un examen exhaustivo de toda la documentación dental disponible del individuo previo a su fallecimiento, incluidas radiografías, descripciones de procedimientos odontológicos particulares y registros de intervenciones quirúrgicas. La creación de un perfil dental preciso que permita la comparación con los restos descubiertos depende de la recopilación de estos datos (Prieto, 2002).



*Ilustración 6* Etapa pre- mortem (Robalino, 2023).

Los odontólogos forenses examinan minuciosamente las diferencias entre las características registradas antes del fallecimiento y los descubrimientos posteriores durante el proceso de comparación. Esto incluye puentes, coronas, correcciones de posición de dientes y otros procedimientos dentales especializados. Además, se examinan detalles como la presencia de amalgamas o composites, que son sustancias utilizadas en restauraciones dentales y que pueden aplicarse de manera diferente según el odontólogo encargado de la intervención (Ramírez & Illariy, 2021).

La precisión en la comparación de registros dentales está estrechamente relacionada con la calidad y minuciosidad de los registros pre-mortem disponibles. Un registro odontológico detallado puede proporcionar la prueba definitiva necesaria para realizar una identificación precisa. Sin embargo, en situaciones en las que la información en los registros es limitada o incompleta, los profesionales de la odontología deben recurrir a métodos más complejos y detallados para identificar posibles coincidencias, lo cual puede incluir el uso de programas especializados para la evaluación de imágenes dentales (Sosa, Solórzano, & Díaz, 2019).

En situaciones de desastres masivos, los restos pueden encontrarse deteriorados o incompletos, lo que hace que el proceso sea difícil. Los odontólogos forenses deben entregar resultados precisos en plazos importantes, y a menudo trabajan en grupos interdisciplinarios con la participación de antropólogos y patólogos forenses. La colaboración es esencial para la integración de datos de varias fuentes, lo que aumenta la precisión del proceso de identificación (Stan, y otros, 2024).

La comparación de registros dentales pre-mortem tiene implicaciones legales y éticas importantes, además de ser un paso crucial en la identificación de restos humanos. Puede desempeñar un papel importante en las investigaciones legales, contribuyendo a dilucidar las circunstancias del fallecimiento, y brinda a las familias y allegados la certidumbre

necesaria para iniciar el proceso de duelo. (Tomás, 2023) En consecuencia, la labor de los odontólogos forenses implica no solo aspectos técnicos, sino también una importante carga de responsabilidad social y humanitaria.

### ***2.5.2. Registro dentales post-mortem***

En el campo de la odontología forense, el análisis de registros dentales post-mortem es fundamental porque se centra en evaluar los restos dentales descubiertos en cadáveres o esqueletos para determinar su identidad. El procedimiento comienza con la documentación y análisis detallados de la estructura dental y cualquier intervención odontológica que se pueda ver en los restos. Los odontólogos forenses registran minuciosamente cada elemento importante, desde la cantidad y la clase de piezas dentales existentes hasta las observaciones detalladas de procedimientos como obturaciones, coronas y prótesis dentales (Zoranjic, Tay, Mountford, & Rye, 2021).



***Ilustración 7*** Mandíbula post- mortem (Arias, Fernández, Outes, & Zemborain, 2023).

El enfoque del procedimiento consiste en la elaboración de un perfil dental exhaustivo que abarca la recopilación de imágenes detalladas, impresiones dentales y, en la medida de lo posible, radiografías. Los registros post-mortem son fundamentales para crear una base de datos que permita comparaciones con registros pre-mortem, en caso de estar disponibles, en investigaciones futuras. En la falta de registros previos al fallecimiento, los perfiles post-mortem se convierten en la principal fuente de información para realizar comparaciones con bases de datos nacionales o internacionales de individuos desaparecidos (Suarez, Suarez, & Guambo, 2018) .

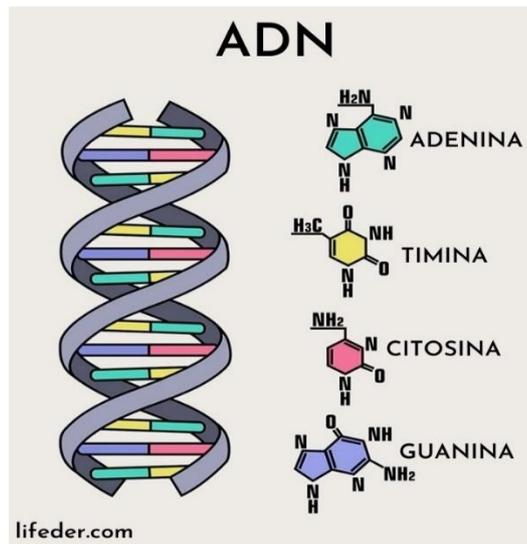
La efectividad de este procedimiento se ve fuertemente influenciada por la tecnología y las metodologías utilizadas en la recolección y examen de la información. Los avances en tecnología digital y radiográfica han mejorado notablemente la precisión con la que los odontólogos forenses pueden registrar y replicar con detalle los aspectos minuciosos de la estructura dental. Estas herramientas posibilitan un análisis minucioso y eficiente, así como la efectiva compartición de información con otras autoridades o instituciones forenses (Villalobos, Identificación facial digital en odontología forense: una revisión crítica. Universidad de Valparaíso, 2022).

En situaciones de desastres o eventos que involucran a varias personas, es crucial abordar los registros odontológicos post-mortem con prontitud y precisión. Los odontólogos forenses deben ser capaces de trabajar de manera efectiva en situaciones de presión, ya que frecuentemente se ven obligados a identificar rápidamente a las víctimas para informar a sus familiares e iniciar las investigaciones correspondientes. La realización de este procedimiento no se limita únicamente a aspectos técnicos, sino que también requiere una gran sensibilidad y ética profesional, teniendo en cuenta el impacto emocional que puede tener en las familias involucradas (Espín & D, 2023).

La confidencialidad y la integridad de los registros dentales post-mortem son cruciales. En favor de proteger la privacidad y la dignidad de las víctimas y sus familiares, los odontólogos forenses deben asegurarse de que la información recopilada se mantenga confidencial y protegida. Al comparar registros post-mortem, la odontología forense ayuda en el campo forense al brindar claridad y resolución en situaciones frecuentemente trágicas y complejas.

## **2.6. Ácido desoxirribonucleico(ADN)**

El ácido desoxirribonucleico, también conocido como ADN, es la molécula fundamental que contiene la información genética necesaria para el crecimiento, la operación y la reproducción de todos los seres vivos, así como de algunos virus. La molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) está compuesta por dos cadenas de nucleótidos largas que se organizan en una estructura de doble hélice. Cada nucleótido está formado por un azúcar (desoxirribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada, que puede ser adenina, timina, citosina o guanina (Cadenas & Garrido, 2020). La información genética del organismo es determinada por la secuencia específica de estas bases.



**Ilustración 8** Estructura del ácido desoxirribonucleico(ADN). En: [https://www.lifeder.com/Ácido Desoxirribonucleico \(ADN\)/](https://www.lifeder.com/Ácido-Desoxirribonucleico-(ADN)/)

El ácido desoxirribonucleico (ADN) está principalmente presente en el núcleo celular, pero también puede estar presente en pequeñas cantidades en las mitocondrias a través del ADN mitocondrial. La replicación del ácido desoxirribonucleico (ADN), un proceso crucial que ocurre durante la división celular, garantiza que cada célula hija tenga una copia exacta del material genético de la célula progenitora. Una serie de enzimas controlan y supervisan la duplicación del material genético. Estas enzimas garantizan la precisión de la replicación, lo que reduce la probabilidad de mutaciones (Bermejo, 2022) .

El ácido desoxirribonucleico (ADN) es la base de nuevas técnicas como la ingeniería genética y la terapia génica en la biotecnología. Los científicos pueden modificar organismos a nivel genético para mejorar características deseables, desarrollar nuevos tratamientos médicos y cultivar alimentos agrícolas más resistentes y nutritivos a través de la ingeniería genética. Por otro lado, la terapia génica tiene como objetivo tratar o prevenir enfermedades mediante la introducción, eliminación o modificación de material genético en las células de un paciente (Ordóñez, 2021). Esto abre nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades genéticas y cáncer.

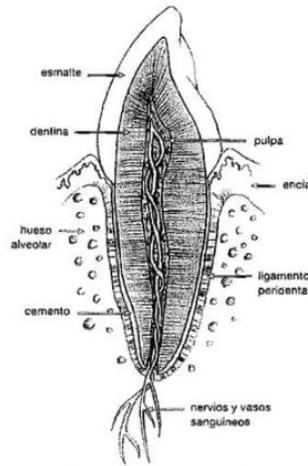
El estudio del ácido desoxirribonucleico (ADN), que se utiliza para identificar personas o identificar relaciones biológicas con gran seguridad, ha dado lugar a una revolución en el campo de la medicina forense. Gracias a técnicas de análisis como la reacción en cadena de

la polimerasa (PCR) y el secuenciamiento genético, el ácido desoxirribonucleico (ADN) se ha convertido en una herramienta vital en la resolución de crímenes, la identificación de restos humanos y la validación de muestras biológicas en disputas legales.

### ***2.6.1. Ácido desoxirribonucleico (ADN) Dental***

El ácido desoxirribonucleico (ADN) dental es el material genético que se puede obtener de los dientes, específicamente de la pulpa dental, que contiene células con núcleos que conservan el ácido desoxirribonucleico (ADN) en su estado original. Este tipo de ácido desoxirribonucleico (ADN) es altamente apreciado en circunstancias en las que otros tejidos se encuentran descompuestos o no están accesibles, como en situaciones de desastres masivos, incendios o en fases avanzadas de descomposición. Los dientes, debido a su composición robusta y duradera, actúan como una barrera protectora del ácido desoxirribonucleico (ADN) frente a condiciones ambientales adversas, lo cual facilita la realización de análisis genéticos incluso en períodos prolongados posteriores al fallecimiento (Guillén, 2023).

La extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) dental requiere la aplicación de procedimientos detallados con el fin de garantizar la preservación del material genético. El procedimiento se inicia con la meticulosa esterilización del diente con el fin de prevenir la contaminación externa. Posteriormente, se procede a la apertura de la corona dental para poder acceder a la pulpa. Una vez que se ha extraído la pulpa, se procede a realizar procesos que permiten la liberación del ácido desoxirribonucleico (ADN) contenido en las células. Posteriormente, este ácido desoxirribonucleico (ADN) es sometido a un proceso de purificación con el fin de facilitar su análisis ulterior (De la Rosa, Bugarin, & Pérez, 2024). La extracción del ácido desoxirribonucleico (ADN) requiere precisión y cuidado para prevenir su degradación.



*Ilustración 9* índices en antropometría (Robalino, 2023).

El ácido desoxirribonucleico (ADN) dental, una vez extraído, puede ser empleado en diversas investigaciones forenses y arqueológicas. En el campo forense, se emplea el análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) para la identificación de individuos afectados por actos delictivos o catástrofes, mediante la comparación de muestras genéticas obtenidas con muestras de referencia de familiares potenciales o con registros dentales previamente establecidos. En el campo de la arqueología, el análisis del ácido desoxirribonucleico (ADN) contenido en muestras dentales se utiliza para reconstruir los perfiles genéticos de poblaciones antiguas (Gutiérrez, 2024). Esta técnica aporta datos relevantes acerca de desplazamientos migratorios, patrones alimenticios y enfermedades que afectaron a dichas poblaciones en el pasado.

El análisis del ácido desoxirribonucleico (ADN) dental se aplica en el ámbito de la investigación médica, especialmente en el examen de enfermedades de origen genético. Al analizar el ácido desoxirribonucleico (ADN) obtenido de restos dentales antiguos y contemporáneos, los científicos pueden investigar la evolución de determinadas enfermedades genéticas y mejorar su comprensión sobre su progresión. Estos estudios son de gran importancia para el avance de nuestro conocimiento en el campo de la genética humana y la evolución de las enfermedades (Gutiérrez, 2024).

El uso del ácido desoxirribonucleico (ADN) dental está experimentando avances significativos gracias al desarrollo de tecnologías y técnicas de secuenciación más sofisticadas y menos intrusivas. Los avances tecnológicos en la extracción y análisis del

ácido desoxirribonucleico (ADN) ofrecen la promesa de incrementar la eficacia y exactitud en dichos procesos. Esto conlleva la apertura de nuevas oportunidades de aplicación en áreas tan variadas como la medicina personalizada y la biología evolutiva. El papel del ácido desoxirribonucleico (ADN) dental en la ciencia forense y la investigación genética se ampliará a medida que estas tecnologías se perfeccionen, fortaleciendo su relevancia en el análisis del pasado humano y en la administración de la justicia. (Guillen, La identificación Humana Mediante análisis de ADN en pulpas dentales, 2023)

### **2.6.2. Ácido desoxirribonucleico (ADN) en Odontología Forense**

El uso del ácido desoxirribonucleico (ADN) en el campo de la odontología forense ha cambiado las técnicas de identificación en situaciones en las que los procedimientos tradicionales no son viables. La disciplina en cuestión se basa en la utilización del material genético presente en la pulpa dental para identificar a las personas cuyos restos se encuentran en mal estado o incompletos. Gracias a su composición mineral resistente y a la barrera que crean contra factores ambientales y biológicos, los dientes protegen al ácido desoxirribonucleico (ADN). Esta característica permite la extracción exitosa de ADN en condiciones adversas. (Santos, 2023)



*Ilustración 10* Marcas dentales (Dal Santo, 2021).

El uso de técnicas de extracción y análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) dental en el campo de la odontología forense requiere un procedimiento meticuloso que comienza con la cuidadosa selección de los dientes adecuados para la obtención del material genético. Se utilizan técnicas avanzadas para minimizar la contaminación y la degradación durante el procedimiento porque la integridad del ácido desoxirribonucleico (ADN) extraído es crucial.

El ácido desoxirribonucleico (ADN) se analiza a través de técnicas avanzadas como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y el secuenciado genómico después de su extracción. Estas técnicas brindan información precisa para comparaciones forenses o reconstrucciones genéticas. (Barrios, 2020)

El ácido desoxirribonucleico (ADN) dental se utiliza principalmente en el ámbito jurídico y forense para identificar personas en situaciones de desastres de gran magnitud, delitos violentos y restos humanos sin identificar. Debido a su capacidad para extraer y tipificar ácido desoxirribonucleico (ADN) de restos parcialmente destruidos, la odontología forense se ha convertido en una herramienta vital en la investigación criminal. Esta técnica permite identificar víctimas con un alto nivel de certeza y proporciona evidencia objetiva que puede confirmar o descartar conexiones entre sospechosos y lugares del crimen. (Guillen, La identificación humana mediante análisis de ADN en pulpas dentales. Universidad Católica de Cuenca , 2022)

El ácido desoxirribonucleico (ADN) dental es crucial para la investigación de la genealogía y las relaciones familiares. Los dientes pueden ser una fuente viable de material genético para pruebas de paternidad o reconstrucción de árboles genealógicos en situaciones en las que resulta imposible acceder a otros tejidos o estos carecen de utilidad. En investigaciones históricas que buscan establecer conexiones entre linajes familiares a lo largo de distintas generaciones, esta herramienta es particularmente útil en contextos legales relacionados con la determinación de herencias.

La investigación en odontología forense sigue avanzando gracias al uso de nuevas tecnologías y métodos de análisis. Estos avances buscan mejorar la eficiencia y la invasividad del proceso de extracción y tipificación del ácido desoxirribonucleico (ADN). Los avances tecnológicos en la odontología forense no solo hacen que las personas sean más capaces, sino que también hacen que los resultados sean más precisos. Esto ayuda significativamente en el progreso del conocimiento científico en el campo de la identificación humana y en la resolución de casos forenses.

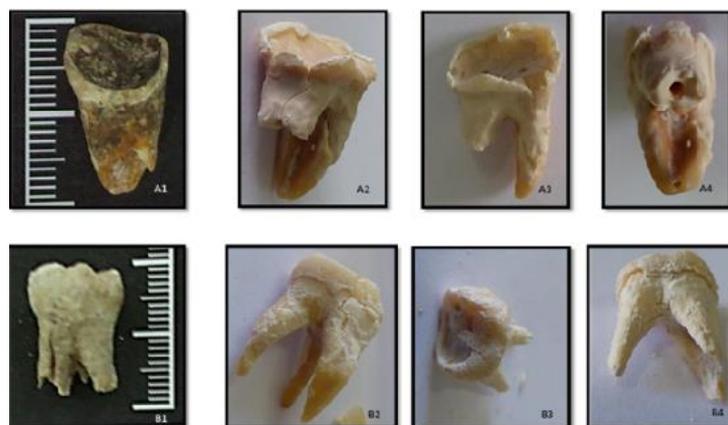
## **2.7. Técnicas de Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN)**

Las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) son fundamentales en la biología molecular porque permiten a los investigadores obtener muestras de ácido desoxirribonucleico (ADN) de alta pureza de una variedad de células y tejidos para análisis posteriores. En el proceso de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN), primero se libera el material genético mediante la lisis celular, luego se realiza la precipitación y

purificación para separar el ácido desoxirribonucleico (ADN) de los demás componentes celulares. (Rodríguez, 2022)

El proceso ha sido mejorado para aumentar tanto la cantidad como la pureza del ácido desoxirribonucleico (ADN) que se obtiene. Estos son componentes cruciales para una variedad de usos, como el secuenciamiento genético, la clonación y el diagnóstico médico. Las diferentes técnicas de análisis pueden depender del tipo de muestra utilizada, ya sea sangre, tejido, plantas o bacterias; cada uno tiene requisitos únicos para una lisis celular efectiva y la protección del ácido desoxirribonucleico (ADN) contra el deterioro. (Medina, Bravo, León, & Tacuri, 2022)

Una práctica habitual consiste en la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) a través de la utilización de kits comerciales que simplifican y estandarizan el procedimiento. Por lo general, estos conjuntos utilizan columnas de afinidad que se fundamentan en la capacidad de los iones de silicio para unirse al ácido desoxirribonucleico (ADN) en presencia de agentes caotrópicos. Este método se caracteriza por su alta efectividad y por su rapidez y facilidad de uso. Además, minimiza la manipulación del ácido desoxirribonucleico (ADN), lo que a su vez disminuye tanto el riesgo de contaminación como el de degradación. Los kits han sido desarrollados con el propósito de garantizar la reproducibilidad y eficiencia en los laboratorios de investigación y diagnóstico. Su objetivo es facilitar la manipulación de diversas muestras y asegurar la coherencia en los resultados alcanzados. (Marcos, Gallego, & Ochoa, 2019)



**Ilustración 11.** Dos dientes antes del proceso de extracción (A1 y B1) y después del proceso de extracción del material genético (A2, A3, A4; B2, B3 y B4) (Diéz, Gómez, Matayoshi, López, & Arroyo, 2013).

### 2.7.1. Técnica de Descalcificación

La técnica de descalcificación es uno de los métodos más antiguos y aún vigentes para la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de tejidos duros como los dientes. Este método implica la eliminación de minerales del diente para acceder a la pulpa dental y extraer el ácido desoxirribonucleico (ADN). La descalcificación se realiza generalmente utilizando ácidos fuertes, como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), que disuelven los componentes minerales y permiten la recuperación de los tejidos blandos internos. (Lizcano, Restrepo, & Romero, 2010)

El proceso de descalcificación, aunque efectivo, es laborioso y puede llevar varias horas o incluso días, dependiendo del tamaño y la dureza de la muestra dental. Además, el uso de ácidos puede causar degradación del ácido desoxirribonucleico (ADN) si no se controla adecuadamente el tiempo de exposición. A pesar de estas limitaciones, la descalcificación sigue siendo una técnica valiosa, especialmente en casos donde otros métodos no son aplicables o no se dispone de equipos más avanzados. (Ramírez, Almeida, Cáceres, & Lucena, 2024)

La técnica de descalcificación combinada con otras técnicas de purificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) ha mejorado recientemente. Por ejemplo, después de la descalcificación, el ácido desoxirribonucleico (ADN) se puede purificar utilizando kits comerciales que utilizan membranas de sílice, lo que elimina los contaminantes y mejora la calidad del ADN extraído. La combinación de estas técnicas mejora la recuperación del ácido desoxirribonucleico (ADN) y reduce el riesgo de manipular productos químicos peligrosos. (Lizcano, Restrepo, & Romero, 2010)



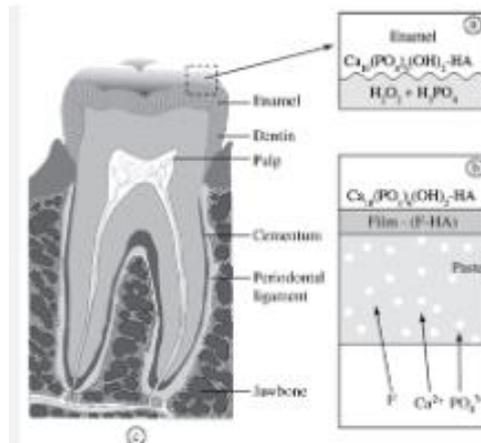
**Ilustración 12** Descalcificación para extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN).

### *2.7.2. Técnica de Lavado en Columnas de Hidroxiapatita*

La afinidad única entre el ácido desoxirribonucleico (ADN) y la hidroxiapatita, un mineral de fosfato de calcio que se une selectivamente a los ácidos nucleicos, es la base de la técnica de lavado en columnas de hidroxiapatita. Debido a su capacidad para eliminar proteínas y contaminantes, este método es particularmente útil para la purificación de ADN. La hidroxiapatita se puede inmovilizar en una columna cromatográfica, donde el ácido desoxirribonucleico (ADN) se adhiere a los iones de calcio de la matriz de hidroxiapatita. Posteriormente, se utilizan soluciones tampón específicas para extraer el ácido desoxirribonucleico (ADN), lo que interrumpe la interacción entre el ADN y la hidroxiapatita (Dairawan & Shetty, 2020).

La técnica de hidroxiapatita ha sido utilizada ampliamente en la purificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) y proteínas desde la década de 1950. Su capacidad para separar diferentes tipos de biomoléculas se basa en las propiedades electrostáticas y químicas de la hidroxiapatita, que permiten una adsorción específica del ácido desoxirribonucleico (ADN). A pesar de su eficacia, este método puede ser laborioso y requiere un control preciso de las condiciones de pH y concentración de iones para evitar la desnaturalización del ácido desoxirribonucleico (ADN) (Sosa, Solórzano, & Díaz, 2019).

Un estudio reciente demostró la viabilidad de una columna monolítica de hidroxiapatita para la extracción eficiente de ácido desoxirribonucleico (ADN). Esta columna, fabricada mediante técnica sol-gel, mostró una alta eficiencia en la adsorción de ácido desoxirribonucleico (ADN) gracias a la interacción electrostática entre los grupos fosfato del ácido desoxirribonucleico (ADN) y los iones de calcio de la hidroxiapatita. La técnica se optimizó ajustando el pH y la concentración iónica, logrando una alta pureza y rendimiento de ácido desoxirribonucleico (ADN), lo que la convierte en una opción prometedora para aplicaciones forenses. (Jiménez, 2009)



**Ilustración 13** Lavado en Columnas de Hidroxiapatita

### 2.7.3. Técnica de Uso de Sílice

El uso de sílice en la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) se basa en la alta afinidad entre el ácido desoxirribonucleico (ADN) y las superficies de sílice en presencia de ciertos iones. Esta técnica fue descrita por primera vez por Vogelstein y Gillespie en 1979 y ha sido ampliamente adoptada debido a su simplicidad, rapidez y eficiencia en la purificación de ácido desoxirribonucleico (ADN). En este método, el ácido desoxirribonucleico (ADN) se adhiere a la superficie de la sílice mediante interacciones electrostáticas en un entorno de alta concentración salina. Una vez que el ácido desoxirribonucleico (ADN) está unido, los contaminantes se eliminan mediante lavados sucesivos, y el ácido desoxirribonucleico (ADN) purificado se eluye utilizando agua o un tampón de bajo contenido salino (Dairawan & Shetty, 2020).

De acuerdo con Garcá et al. (2022) los kits comerciales que emplean esta técnica, como el QIAGEN DNeasy y el Thermo Fisher Purelink, han simplificado y automatizado el proceso de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN), permitiendo la obtención de muestras de alta calidad con un esfuerzo mínimo. Estos kits son ampliamente utilizados en laboratorios de investigación y forenses debido a su fiabilidad y consistencia en la producción de ácido desoxirribonucleico (ADN) puro y concentrado. Sin embargo, una limitación de los matrices de sílice es que no pueden reutilizarse debido a la disminución de su capacidad de unión después de cada uso.

La técnica de sílice también ha sido adaptada para su uso en una variedad de tipos de muestras, incluyendo sangre, tejidos y muestras ambientales. Su versatilidad y eficiencia la han convertido en una herramienta esencial en la biología molecular y la genética forense,

facilitando la rápida y efectiva extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de alta calidad para su análisis posterior (Dairawan & Shetty, 2020).

#### **2.7.4. Técnica de Digestión con Proteínas**

Un método efectivo para extraer ácido desoxirribonucleico (ADN) es la técnica de digestión con proteínas, que utiliza enzimas proteolíticas para descomponer proteínas y otros contaminantes en la muestra. Para muestras complejas con altos niveles de proteínas, como fluidos corporales y tejidos, esta técnica es particularmente útil. La proteinasa K, que descompone las proteínas y facilita la liberación del ácido desoxirribonucleico (ADN) de las células y otros componentes celulares, es la enzima más comúnmente utilizada. (Meza, Ulloa, Uribe, & Guitiérrez, 2013)

El proceso de digestión con proteínas generalmente se lleva a cabo incubando la muestra con proteinasa K en una solución tampón adecuada, a menudo en combinación con detergentes como el SDS para lisar las células y desnaturalizar las proteínas. Después de la digestión enzimática, el ácido desoxirribonucleico (ADN) se puede purificar mediante métodos como la precipitación con etanol o el uso de matrices de sílice para eliminar los residuos de proteínas y otros contaminantes. Esta técnica es ampliamente utilizada en la preparación de ácido desoxirribonucleico (ADN) para análisis genéticos y estudios forenses debido a su capacidad para producir muestras de alta calidad y pureza (Notario, 2016).

Un estudio reciente encontró que la digestión con proteínas y métodos de purificación automatizados como PrepFiler Express BTATM son efectivos para extraer ácido desoxirribonucleico (ADN) de muestras dentales y óseas. Este método no solo mejoró la calidad y el rendimiento del ácido desoxirribonucleico (ADN), sino que también redujo el tiempo y el esfuerzo necesarios para procesar grandes cantidades de muestras, lo que es crucial para encontrar a las víctimas de los desastres (Liu, y otros, 2018).

### **2.8. Aplicaciones de la Identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) en Casos Forenses**

El uso del ADN en la identificación forense ha cambiado la forma en que se resuelven los casos criminales, las víctimas de desastres y las personas desaparecidas. Debido a su capacidad para resistir condiciones ambientales extremas, el ácido desoxirribonucleico (ADN) extraído de piezas dentales se ha convertido en una herramienta crucial. Esto garantiza la preservación del material genético incluso en condiciones adversas. Este método

ha sido crucial en la identificación de víctimas de delitos violentos y desastres naturales, permitiendo la identificación positiva de personas en situaciones en las que otros métodos no funcionan. (Vallejos & Alonso, 2009)

Un ejemplo destacado de la aplicación del ácido desoxirribonucleico (ADN) en casos forenses es el uso de técnicas avanzadas como la secuenciación de próxima generación (NGS) y el análisis de polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción terminal (TRFLP). Estas técnicas permiten un análisis detallado de las muestras de ácido desoxirribonucleico (ADN), proporcionando información crucial para la identificación de individuos y la resolución de crímenes. La NGS, en particular, ha demostrado ser efectiva en la detección de mutaciones genéticas y en la identificación de individuos en casos de intervalos post-mortem prolongados (Van Oorschot, Ballantyne, & Mitchell, 2010).

El análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) también se utiliza en investigaciones de genealogía forense, donde se emplean marcadores de linaje como el ácido desoxirribonucleico (ADN) mitocondrial (mtDNA) y el ácido desoxirribonucleico (ADN) del cromosoma Y. Estos marcadores son especialmente útiles en la identificación de restos humanos antiguos o degradados y en la reconstrucción de relaciones familiares en casos de desastres masivos. Un caso emblemático es la identificación de los restos de la familia Romanov, donde el análisis de mtDNA y ácido desoxirribonucleico (ADN) del cromosoma Y proporcionó pruebas concluyentes sobre la identidad de los miembros de la familia real rusa (Alketbi, 2023).

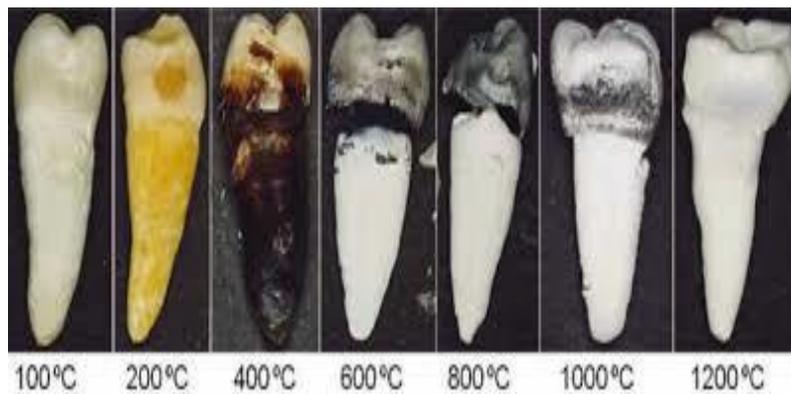
## **2.9.Limitaciones y Desafíos en la Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) Pulpar**

La extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de la pulpa dental, aunque altamente efectiva, presenta varios desafíos y limitaciones. Uno de los principales desafíos es la degradación del ácido desoxirribonucleico (ADN) debido a factores ambientales como la exposición a altas temperaturas, humedad y condiciones químicas adversas. Estos factores pueden dificultar la recuperación de ácido desoxirribonucleico (ADN) de alta calidad, especialmente en muestras que han estado expuestas a condiciones extremas durante largos periodos (Lozano, 2020).

Otra limitación importante es la cantidad de ácido desoxirribonucleico (ADN) recuperable. Aunque los dientes son una fuente rica de ácido desoxirribonucleico (ADN), la cantidad total

de material genético disponible puede ser limitada, especialmente en dientes dañados o en descomposición. Esto puede afectar la precisión y confiabilidad del análisis forense. Además, la presencia de contaminantes y la necesidad de técnicas de purificación rigurosas pueden complicar el proceso de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN), aumentando el riesgo de pérdida de material genético durante el procesamiento (Haarkötter, 2019).

Finalmente, los métodos de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN), aunque avanzados, pueden ser costosos y requerir equipos especializados. La técnica de descalcificación, por ejemplo, es efectiva pero laboriosa y requiere un control preciso para evitar la degradación del ácido desoxirribonucleico (ADN). Métodos más modernos, como el uso de columnas de hidroxapatita y matrices de sílice, han mejorado la eficiencia y calidad del ácido desoxirribonucleico (ADN) extraído, pero también presentan desafíos en términos de costos y necesidad de capacitación técnica especializada (Roewer, 2013).



*Ilustración 14.* Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) pulpar

## **2.10. Innovaciones en las Técnicas de Extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) Pulpar**

Las innovaciones en las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) pulpar han avanzado significativamente, permitiendo una mayor eficiencia y precisión en la obtención de material genético de alta calidad. Una de las técnicas más novedosas es el uso de la resinificación de los dientes. En este método, los dientes se encapsulan en resina estéril, lo que minimiza el riesgo de contaminación y permite un acceso más directo al sistema de canales radiculares. La desventaja de esta técnica es que puede ser costosa y requiere equipos

especializados, pero los resultados han demostrado una alta pureza y rendimiento del ácido desoxirribonucleico (ADN) extraído (Hung, Thi, Aboudharam, Raoult, & Drancourt, 2007).

Otra innovación importante es el desarrollo de métodos automatizados de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN), como el uso de sistemas basados en columnas de sílice. Estos sistemas permiten la purificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) de manera rápida y eficiente, reduciendo el tiempo de procesamiento y minimizando el riesgo de contaminación. La técnica se basa en la afinidad entre el ácido desoxirribonucleico (ADN) y las superficies de sílice en presencia de soluciones de alta concentración salina, lo que permite la adsorción selectiva del ácido desoxirribonucleico (ADN) y la eliminación de contaminantes mediante lavados sucesivos (Dairawan & Shetty, 2020).

El uso de enzimas de restricción específicas para la descontaminación de reactivos de PCR también ha mejorado la precisión de las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN). Estas enzimas permiten la eliminación de contaminantes bacterianos comunes en los reactivos de laboratorio, asegurando que el ácido desoxirribonucleico (ADN) extraído sea de alta calidad y adecuado para el análisis genético forense. Este enfoque, combinado con la secuenciación de próxima generación (NGS), ha permitido obtener perfiles genéticos más detallados y precisos, esenciales para la identificación forense (Harney, y otros, 2021).

## **2.11. Aplicación de tecnologías como la radiografía digital y la tomografía computarizada.**

La aplicación de tecnologías como la radiografía digital y la tomografía computarizada (TC) ha revolucionado significativamente el campo de la odontología, incluyendo su aplicación en odontología forense. Estas tecnologías ofrecen ventajas significativas en términos de diagnóstico preciso, evaluación detallada de estructuras dentales y faciales, y mejora en la calidad de la atención odontológica en general.

### ***2.11.1. Radiografía Digital***

La radiografía digital ha reemplazado en gran medida a la radiografía convencional en la odontología forense debido a sus múltiples ventajas:

- **Calidad de Imagen Mejorada:** Las imágenes digitales proporcionan una resolución más alta y detalles mejorados en comparación con las radiografías convencionales, lo que facilita la detección de lesiones o anomalías dentales.
- **Reducción de la Exposición a la Radiación:** La radiografía digital utiliza significativamente menos radiación que la radiografía convencional, lo que minimiza el riesgo para los pacientes y los profesionales de la salud.
- **Almacenamiento y Manejo de Datos:** Las imágenes digitales pueden almacenarse electrónicamente y ser fácilmente transferidas entre profesionales de la salud y especialistas forenses, facilitando la colaboración y la consulta interdisciplinaria.
- **Procesamiento Rápido de Imágenes:** Las imágenes digitales se pueden visualizar inmediatamente después de la captura, permitiendo un diagnóstico rápido y eficiente, crucial en situaciones forenses donde el tiempo es crítico. (Caicedo, 2022)



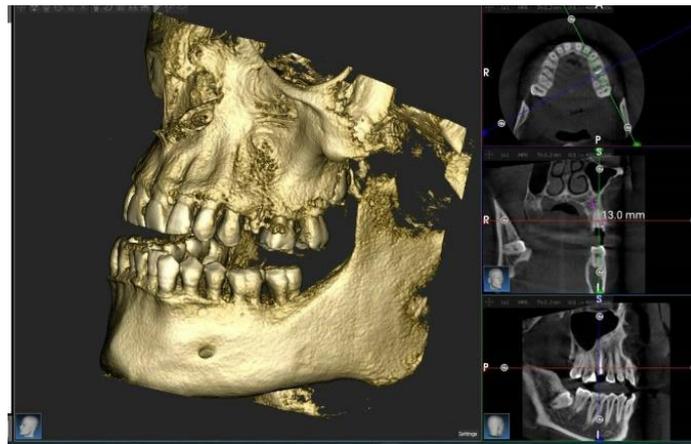
*Ilustración 15.* Radiología Digital. En: <https://admasmedical.es/radiologia-digital-clinica-dental/>

### 2.11.2. Tomografía Computarizada (TC):

La TC ofrece una capacidad aún mayor para la visualización tridimensional de estructuras dentales y faciales, siendo especialmente útil en casos forenses complejos:

- **Visualización Detallada de Estructuras Óseas:** La TC proporciona imágenes detalladas de los huesos maxilares y mandibulares, permitiendo una evaluación precisa de fracturas, lesiones óseas y la relación anatómica de las estructuras faciales.
- **Planificación de Procedimientos:** En casos forenses que involucran trauma facial severo o casos de identificación post-mortem, la TC facilita la planificación de procedimientos quirúrgicos reconstructivos o de identificación.

- **Reconstrucción Tridimensional:** Permite la reconstrucción tridimensional de cráneos y mandíbulas a partir de imágenes tomográficas, útil tanto en identificación de víctimas como en la reconstrucción de escenas de crimen.
- **Aplicaciones Forenses Específicas:** La TC también se utiliza para la evaluación de cuerpos extraños, análisis de patrones de lesiones faciales y reconstrucción de accidentes, proporcionando evidencia valiosa en investigaciones criminales y judiciales. (Villalobos, Identificación facial digital en odontología forense: una revisión crítica , 2022)



*Ilustración 16.* Tomografía Computarizada. En: <https://www.dentalbejarano.es/que-es-un-tac-dental-y-por-que-puede-ser-tan-importante-para-ti/>

## 2.12. Uso de modelos 3D para análisis forense dental.

El uso de modelos 3D en el análisis forense dental representa un avance significativo que ha transformado la manera en que se estudian y se interpretan las estructuras dentales en contextos forenses. Estos modelos tridimensionales ofrecen varias ventajas y aplicaciones importantes:

- **Visualización Detallada y Precisa:** Los modelos 3D permiten una visualización completa y detallada de las estructuras dentales y maxilares desde diferentes ángulos y perspectivas. Esto facilita la identificación de características específicas, como patrones de desgaste, irregularidades dentales o detalles anatómicos relevantes para la identificación forense.
- **Reconstrucción Facial y Craneal:** Utilizando escaneos 3D de cráneos y mandíbulas, los odontólogos forenses pueden realizar reconstrucciones faciales digitales para ayudar en la identificación de individuos desconocidos. Estas reconstrucciones se basan en la forma y tamaño de las estructuras óseas y dentales,

proporcionando una representación visual que puede ser crucial en investigaciones judiciales.

- **Comparación de Registros Dentales:** Los modelos 3D permiten una comparación precisa entre registros dentales ante-mortem y post-mortem. Esto es fundamental en casos de identificación de víctimas en desastres o situaciones donde la identificación visual es difícil o imposible.
- **Planificación de Procedimientos Forenses:** En casos de trauma facial severo o lesiones óseas complejas, los modelos 3D son útiles para la planificación de procedimientos quirúrgicos o reconstructivos. Esto incluye la simulación de técnicas de reconstrucción facial y mandibular, lo cual es esencial para mejorar la precisión y resultados en procedimientos forenses.
- **Análisis de Patrones y Lesiones:** Los modelos 3D facilitan el análisis detallado de patrones de lesiones y trauma facial. Esto puede incluir la evaluación de fracturas óseas, impactos de proyectiles o cualquier otra lesión que pueda proporcionar información crucial en investigaciones criminales o judiciales.
- **Educación y Capacitación:** Además de su aplicación forense directa, los modelos 3D son herramientas educativas poderosas para la capacitación de profesionales en odontología forense. Permiten el estudio y la práctica de técnicas de análisis y diagnóstico en un entorno digital controlado y detallado. (Mesa, 2023)



**Ilustración 17.** Modelo 3D. En: [https://www.freepik.es/fotos-premium/modelo-3d-preciso-craneo-humano-que-muestra-estructura-detallada-dientes-ideal-fines-educativos\\_192176921.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/modelo-3d-preciso-craneo-humano-que-muestra-estructura-detallada-dientes-ideal-fines-educativos_192176921.htm)

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación descriptiva se centra en analizar las técnicas de extracción pulpar utilizadas para la identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) en piezas dentales, con el objetivo de evaluar su eficacia. Este estudio reviste gran importancia debido al valor del ácido desoxirribonucleico (ADN) en la identificación forense y en investigaciones de parentesco. Se comparan las técnicas más comunes, como la pulverización dental y el uso de reactivos específicos para la liberación del material genético, considerando su desempeño, la integridad del ácido desoxirribonucleico (ADN) obtenido y su aplicabilidad en distintos contextos forenses. Asimismo, se analiza el impacto de variables como la edad del diente, su estado de conservación y la posible presencia de contaminantes en los resultados obtenidos.

El análisis comparativo de las técnicas mencionadas tiene como objetivo determinar cuál de ellas ofrece una mayor cantidad y calidad de ácido desoxirribonucleico (ADN), fundamental para la precisión de las aplicaciones forenses. Se destaca en la investigación la importancia de establecer protocolos estandarizados que garanticen la coherencia y la reproducibilidad de los resultados. A través de un enfoque sistemático y riguroso, se busca mejorar las prácticas vigentes y formular recomendaciones respaldadas por evidencia para optimizar el proceso de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de la pulpa dental. Este avance no solo impactará positivamente en el campo de la odontología forense, sino que también tendrá repercusiones significativas en la medicina legal y la investigación genética.

### **3.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación no experimental se distingue por la observación y análisis de variables sin la intervención directa del investigador. Esta metodología posibilita el estudio de fenómenos en su entorno natural, ofreciendo una comprensión minuciosa y realista de las relaciones entre las variables. En este tipo de diseño, se emplean técnicas como la observación directa, encuestas, entrevistas y análisis de datos secundarios para la recolección de información. La investigación no experimental resulta especialmente beneficiosa cuando

las variables no pueden ser manipuladas por motivos éticos o prácticos, como en investigaciones epidemiológicas o de comportamiento humano (Ríos & Peña, 2020).

### **3.3.Pregunta PICO**

¿Dentro de las investigaciones forenses en las que se usan piezas dentales, las técnicas no destructivas de extracción de ADN, ofrecen una mayor calidad y cantidad de ADN en comparación con las técnicas destructivas?

**P (Población):** Piezas dentales utilizadas en investigaciones forenses para la identificación de ADN

**I (Intervención):** ¿Cómo se aplica la extracción de ADN a partir de piezas dentales?

**C (Comparación):** Técnicas destructivas y no destructivas para la extracción de ADN.

**O (Resultado):** Calidad y cantidad del ADN Obtenido para la identificación forense

### **3.4.Criterios de selección**

- Investigaciones que analicen técnicas concretas de extracción de pulpa dental empleadas en la identificación de material genético.
- Investigaciones publicadas en los últimos diez años.
- Se elegirán estudios que proporcionen detalles completos y transparentes sobre los procedimientos, resultados e interpretaciones de las técnicas.

### **3.5.Criterios de exclusión**

- Se descartarán artículos que no hayan sido revisados por pares, como resúmenes de conferencias, tesis no publicadas o publicaciones en revistas de baja calidad.
- Se excluirán estudios publicados hace más de diez años, a menos que sean considerados fundamentales para la comprensión histórica del desarrollo de las técnicas.
- Se excluirán estudios que no proporcionen información suficiente o clara sobre los métodos, resultados y análisis, o que presenten datos ambiguos o contradictorios.

### **3.6.Diseño de Investigación**

#### **3.6.1. Población y tamaño de la muestra**

La investigación se manejó mediante un protocolo de búsqueda, selección revisión y validación de 10 artículos relacionados con las técnicas de extracción pulpar para la

identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) en piezas dentales, en las bases de datos de acceso libre dentro de Google Académico y repositorios digitales de tesis.

### **3.7. Estrategias de Búsqueda**

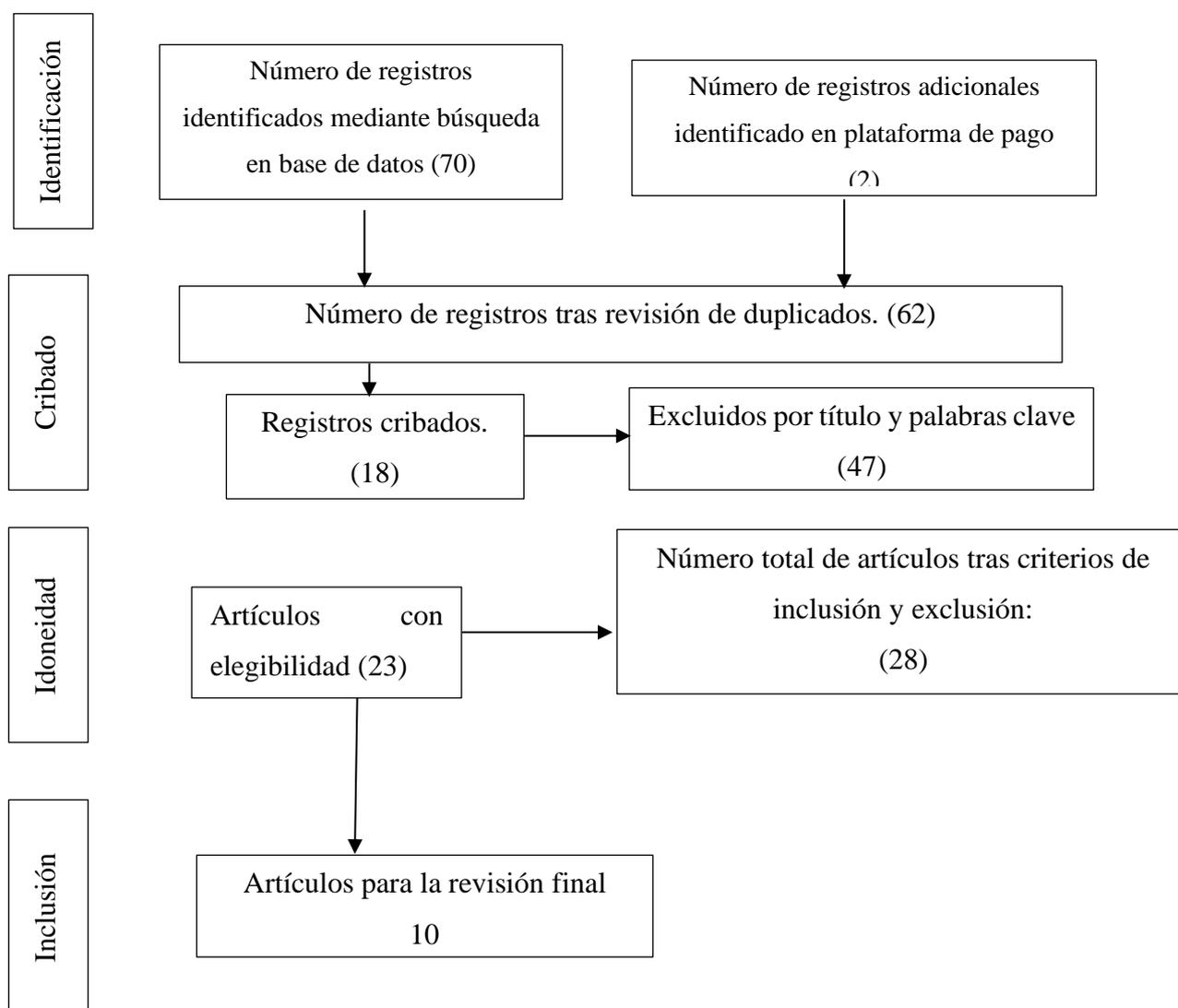
En el estudio se emplearán bases de datos académicas y científicas reconocidas, tales como Google Académico y repositorios digitales. Se utilizarán palabras clave y frases específicas, como "extracción pulpar", "identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN)", "piezas dentales", "técnicas forenses" y "ácido desoxirribonucleico (ADN) dental". Estas serán combinadas utilizando operadores booleanos como AND, OR y NOT para refinar los resultados. Se establecerán filtros para limitar la búsqueda a artículos revisados por pares publicados en la última década. Asimismo, se revisarán las referencias de los estudios seleccionados con el fin de identificar investigaciones adicionales relevantes. Por último, se considerarán tanto estudios originales como revisiones sistemáticas y meta-análisis para obtener una visión integral y actualizada del tema.

### **3.8. Método PRISMA en Investigación**

El método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) es una herramienta esencial en la investigación científica, especialmente en el campo de la medicina y las ciencias de la salud. PRISMA establece directrices que garantizan la transparencia y la integridad en la realización de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Su estructura estandarizada facilita a los investigadores la presentación clara y exhaustiva de los métodos y resultados de sus estudios, lo que posibilita una evaluación crítica y la reproducibilidad del proceso de investigación (Cely & Quiñónez, 2022). Este enfoque sistemático disminuye el sesgo y aumenta la calidad de la evidencia científica disponible.

La relevancia de PRISMA reside en su capacidad para mejorar la comparabilidad y coherencia entre distintos estudios. Al adherirse a las directrices de PRISMA, los investigadores pueden prevenir omisiones y garantizar que se consideren y reporten todos los aspectos pertinentes de una revisión sistemática. Esto implica la formulación de preguntas de investigación claramente definidas, la selección de estudios apropiados, la evaluación de la calidad de los estudios incluidos y la síntesis de los resultados. En consecuencia, las revisiones sistemáticas que siguen PRISMA son más fiables y útiles para la toma de decisiones clínicas, políticas e investigativas (Lechuga, Zafra, & Sánchez, 2023).

La implementación del método PRISMA tiene un impacto significativo en el avance del conocimiento científico y la práctica basada en la evidencia. Las revisiones sistemáticas y metaanálisis de alta calidad son cruciales para sintetizar la evidencia existente, identificar lagunas en el conocimiento y establecer futuras líneas de investigación. Estas revisiones son esenciales para la elaboración de guías clínicas y políticas de salud, al proporcionar una base sólida y objetiva para la toma de decisiones (Stefani & Delgado, 2021). En conclusión, el método PRISMA no solo mejora la calidad de la investigación, sino que también fortalece la aplicación práctica del conocimiento científico en beneficio de la sociedad.

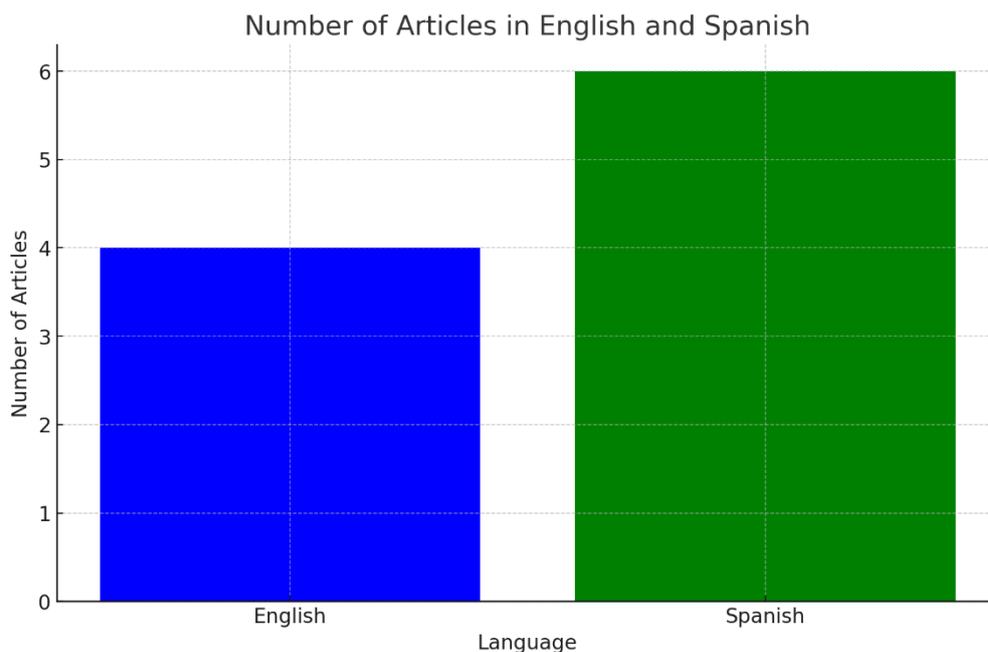


**Figura 1.** Diagrama de flujo en el método PRISMA

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

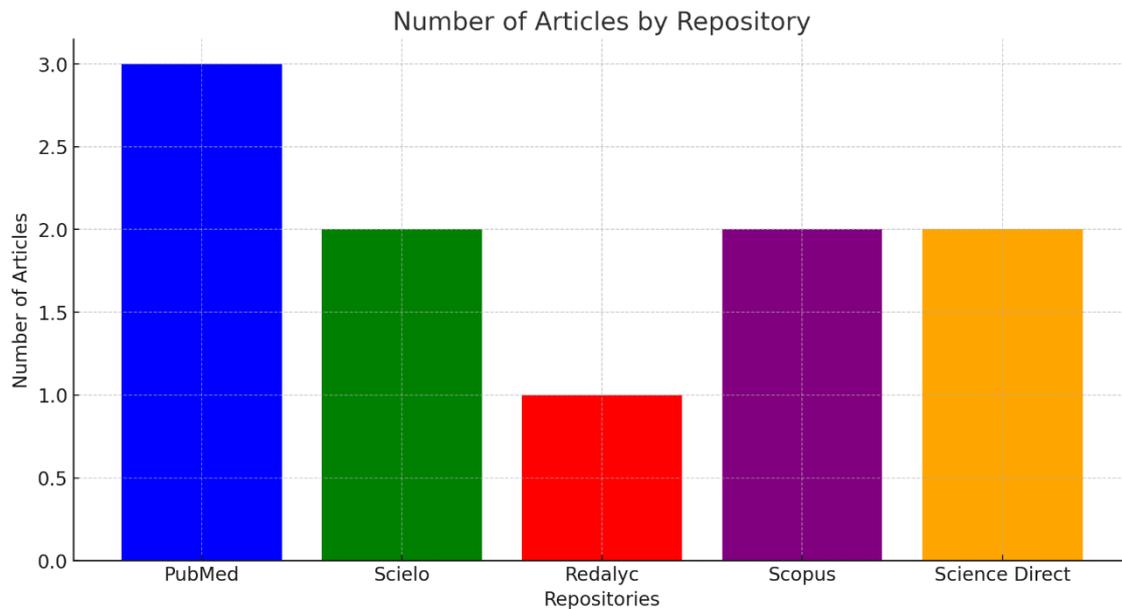
### 4.1.Resultados

La revisión de la documentación arrojó la siguiente información:



**Figura 2.** Número de artículos en inglés y español. Hay 4 artículos en inglés y 6 artículos en español.

El diagrama presenta la cantidad de artículos en idioma inglés y español. De acuerdo con los datos proporcionados, el corpus analizado consta de un total de 10 artículos, de los cuales el 40% están escritos en inglés, lo que equivale a 4 artículos, y el 60% restante están redactados en español, lo que corresponde a 6 artículos. La distribución muestra una mayor cantidad de publicaciones en español en contraste con las publicaciones en inglés.



**Figura 3.** Artículos por repositorios. Los datos se distribuyen de la siguiente manera: PubMed: 3 artículos, Scielo: 2 artículos, Redalyc: 1 artículo, Scopus: 2 artículos, Science Direct: 2 artículos.

En la distribución de artículos por repositorios, se muestra en la figura 3. De acuerdo con la información proporcionada, se observa que PubMed cuenta con la mayor cantidad de artículos, específicamente 3 de un total de 10, lo cual equivale al 30% del total. Cada una de las plataformas académicas Scielo, Scopus y Science Direct contiene dos artículos, lo que equivale al 20% del total en cada caso. Con un solo artículo, Redalyc abarca el 10% del total. El presente estudio revela que, en esta muestra de artículos, PubMed es el repositorio más frecuentado, lo cual evidencia su destacada posición en el campo de la investigación.

La importancia de los repositorios Scielo, Scopus y Science Direct en la investigación científica se destaca por su contribución equitativa, representando cada uno el 20%. A pesar de tener una representación del 10% más baja, Redalyc continúa siendo una fuente de gran valor, especialmente en el ámbito del acceso abierto y las publicaciones en español. La importancia de emplear diversas fuentes para lograr una cobertura exhaustiva y variada de la literatura científica se destaca en esta distribución, lo que garantiza una fundamentación sólida de la evidencia en los estudios de investigación.

## Valoración con la escala PEDro

La escala de Pedro, conocida como Physiotherapy Evidence Database, es una herramienta ampliamente reconocida y utilizada en el campo de la fisioterapia y disciplinas afines de la salud. Se emplea para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos. Con el propósito de ofrecer una medida confiable y consistente de la validez interna y la calidad de los estudios clínicos, la escala en cuestión fue creada por la base de datos de evidencia en fisioterapia. Su objetivo es facilitar la toma de decisiones fundamentadas en la evidencia.

La escala de evaluación de Pedro está compuesta por 11 ítems que engloban diferentes aspectos relacionados con el diseño y la implementación de ensayos clínicos. Estos aspectos incluyen la aleatorización, la ocultación de la asignación, la homogeneidad de las características iniciales de los participantes, el enmascaramiento de los sujetos, los terapeutas y los evaluadores, la gestión de los datos de seguimiento, el análisis por intención de tratar y la exactitud de los resultados estadísticos. Cada elemento es evaluado con una puntuación de 1 (si cumple con el criterio) o 0 (si no cumple con el criterio), lo que resulta en una puntuación total que oscila entre 0 y 10, excluyendo el primer elemento del cálculo total.

**Tabla 1.** Valoración de estudio con la Escala PEDro

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Escala de PEDro</b>
La Identificación Humana mediante análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en pulpas dentales	Guillén Bryan (Guillen, La identificación humana mediante análisis de ADN en pulpas dentales. Universidad Católica de Cuenca , 2022)	2023	Artículo	7
Factores que influyen en la	Cadenas Daniela y Garrido	2017	Artículo	7

cantidad y calidad del ácido desoxirribonucleico (ADN) mitocondrial o nuclear	Macarena (Cadenas & Garrido, 2020)			
Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de pulpa dental con resina quelante	Tsuchimochi T. et al. (Tsuchimochi, Iwasa, Maeno, Koyama, & Nagao, 2022)	2022	Artículo	8
Identificación de ácido desoxirribonucleico (ADN) a partir de pulpa y cemento dental	Yi-Feng Wei et al. (Yi-Feng, 2023)	2023	Artículo	8
Dental DNA as an Indicator of Post-Mortem Interval (PMI): A Pilot Research	Ilenia Bianchi et al. (Ilenia, 2022)	2022	Artículo	8
An alternate method for extracting DNA from environmentally challenged teeth	Hughes-Stamm S. et al. (Hughes-Stamm, 2016)	2022	Artículo	8
Comparative forensic analysis of reverse root canal filing and	Khan A. A. et al. (Khan A. A., 2020)	2022	Artículo	7

conventional method				
Optimization of DNA extraction from dental remains	Cafiero C. et al. (Cafiero, 2019)	2019	Artículo	8
Extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) de los dientes	Sofian Claudia (Sofian, 2017)	2022	Tesis	6
Análisis de las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) en piezas dentales	Rodríguez Víctor (Rodríguez, 2022)	2022	Tesis	8

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2** Investigaciones consideradas para el estudio

Nº	Autor(es)	Título	Objetivo	Metodología	Resultado
1	Guillén Bryan (2023)	La Identificación Humana mediante análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en pulpas dentales.	Determinar la eficacia de la técnica de análisis de ácido desoxirribonucleico(ADN) de pulpas dentales para la identificación humana.	<p>El estudio se sitúa dentro de un enfoque cualitativo y utiliza una metodología descriptiva, explicativa y bibliográfica-documental. Se han examinado artículos científicos publicados a partir del año 2017 con el propósito de evaluar las técnicas de obtención y análisis de ácido desoxirribonucleico(ADN) utilizadas en el campo de la odontología forense.</p> <p>La metodología utilizada implica la búsqueda y</p>	<p>Los resultados de la investigación señalan que la técnica predominante en la obtención de ácido desoxirribonucleico(ADN) en odontología forense es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La pulpa dental destaca por su alta concentración de ácido desoxirribonucleico(ADN), lo cual resulta fundamental en procesos de identificación humana. Se destaca la eficacia de los kits de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN), los cuales minimizan el riesgo de contaminación</p>

				<p>selección de artículos pertinentes en bases de datos científicas como PubMed, Scielo, Redalyc, Scopus y Science Direct. Los criterios de inclusión abarcan artículos en español e inglés publicados a partir de 2017, que aborden revisiones sistemáticas, ensayos, investigaciones experimentales, meta-análisis y estudios de cohorte.</p>	<p>genética. Por su capacidad protectora de la pulpa dental, los molares son los dientes más empleados en la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) en este ámbito.</p> <p>En resumen, la odontología forense, específicamente la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de las pulpas dentales, se presenta como una técnica altamente eficaz en el proceso de identificación humana. La técnica de PCR sobresale como el método más eficiente para</p>
--	--	--	--	---	--

					el análisis de ácido desoxirribonucleico(ADN), y se reconoce a los molares como los dientes más idóneos para llevar a cabo esta extracción de material genético.
2	Cadenas Daniela y Garrido Macarena (2017)	Factores que influyen en la cantidad y calidad del ácido desoxirribonucleico(ADN) mitocondrial o nuclear de la pulpa dental utilizada en la identificación en Odontología Forense.	Realizar una revisión crítica de la literatura para identificar los factores que influyen en la cantidad y calidad del ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar utilizado en la identificación en odontología forense.	Para llevar a cabo la presente revisión, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda de artículos científicos en las reconocidas bases de datos PubMed y Scopus. Se priorizó la selección de investigaciones que analizaran los impactos de diversas condiciones ambientales y metodológicas en la integridad y cantidad del	Los resultados del estudio indicaron que las condiciones post mortem, como la temperatura ambiente, bajas temperaturas, inmersión en agua y enterramiento, tienen un impacto significativo en la cantidad y calidad del ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar. Específicamente, se observó que las muestras expuestas a temperatura

				<p>ácido desoxirribonucleico(ADN) contenido en la pulpa dental. Los criterios de inclusión se basaron en el idioma inglés, la focalización en muestras humanas y la relevancia para el campo de la odontología forense. Tras la fase inicial de búsqueda, se logró identificar un total de 97 artículos, de los cuales, luego de un riguroso proceso de selección, se procedió a la revisión crítica de 26 estudios.</p>	<p>ambiente presentaron mayores rendimientos de ácido desoxirribonucleico(ADN) en comparación con otras condiciones ambientales. Asimismo, se identificaron diferencias significativas en la cantidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) en función del tipo de diente y la edad del individuo. En relación con la metodología empleada, se resaltó la importancia de los métodos de descontaminación y las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN), siendo los métodos de</p>
--	--	--	--	--	--

					<p>columna de sílice y fenol-cloroformo los más eficaces para obtener ácido desoxirribonucleico(ADN) de alta calidad.</p> <p>La cantidad y calidad del ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar utilizado en la identificación forense son influenciadas por factores post mortem, las características intrínsecas del diente y los métodos de procesamiento. La investigación confirma la eficacia del ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar como una fuente fiable para la identificación</p>
--	--	--	--	--	--

					en situaciones forenses, incluso en entornos ambientales desfavorables.
3	Tsuchimochi, T., Iwasa, M., Maeno, Y., Koyama, H., Inoue, H., Isobe, I., Matoba, R., Yokoi, M., y Nagao, M. (2024)	Extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de pulpa dental con resina quelante y determinación del sexo de dientes incinerados con repetición alfoide del cromosoma Y y repeticiones cortas en tándem.	Evaluar un nuevo procedimiento para extraer ácido desoxirribonucleico(ADN) de la pulpa dental utilizando la resina quelante Chelex 100.	Para llevar a cabo esta investigación, se adaptó un procedimiento con Chelex 100 que no requiere solventes orgánicos ni múltiples transferencias de tubos, lo que lo hace simple y rápido. Los dientes fueron extraídos y luego incinerados en un horno dental a diferentes temperaturas: 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C y 500 °C, durante 2 minutos cada uno. Posteriormente, se aisló el ácido desoxirribonucleico(ADN) de la pulpa dental	Los resultados mostraron que el método Chelex fue tan eficiente, o incluso más, que los métodos tradicionales para extraer ácido desoxirribonucleico(ADN) de la pulpa dental. La amplificación y tipificación de los loci del cromosoma Y fueron posibles en todas las muestras incineradas hasta 300 °C durante 2 minutos. Sin embargo, el locus DYS389 no pudo amplificarse en algunas muestras a esta

				<p>utilizando el método Chelex. La amplificación y tipificación se realizaron en los loci del cromosoma Y, específicamente en DYZ3, DYS19, DYS389, DYS390 y DYS393.</p>	<p>temperatura. En un caso de autopsia, se lograron genotipificaciones exitosas de DYS19, DYS390 y DYS393 a partir de pulpa dental de un cuerpo quemado.</p> <p>En conclusión, los datos sugieren que la extracción, amplificación y tipificación de ácido desoxirribonucleico(ADN) con Chelex 100 son posibles y efectivas en dientes quemados, lo que ofrece una herramienta valiosa para la identificación forense en</p>
--	--	--	--	---	--

					casos de autopsias donde los cuerpos han sido expuestos a altas temperaturas.
4	Yi-Feng, Wei., Chun-Yen, Lin., Yu-Jen, Yu., Adrian, Linacre., James, Chun-I, Lee. (2023)	Identificación de ácido desoxirribonucleico(ADN) a partir de pulpa y cemento dental.	Evaluar métodos menos destructivos para extraer ácido desoxirribonucleico(ADN) de dientes, comparando la eficacia de obtener ácido desoxirribonucleico(ADN) de la pulpa y del cemento dental.	La metodología involucró la recolección de 49 dientes extraídos durante procedimientos dentales normales, que luego se enterraron durante hasta 92 días. Otros nueve dientes se usaron como controles no enterrados. Adicionalmente, se incluyeron cuatro muestras recolectadas durante un examen forense. Se utilizaron dos métodos para extraer el ácido desoxirribonucleico(ADN): en el primero, se utilizó un	Los resultados mostraron que las muestras recolectadas del cemento tenían una mayor calidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) en comparación con las de la pulpa. La actividad microbiana contribuyó a la degradación del material nuclear en la pulpa, reduciendo los rendimientos de ácido desoxirribonucleico(ADN). El perfil de ácido desoxirribonucleico(ADN) de 24 loci, incluidos 22

				<p>taladro fino para acceder a la pulpa desde la corona y se usaron limas endodónticas para recolectar el material biológico; en el segundo, se usó una cuchilla esterilizada para raspar el cemento dental.</p>	<p>marcadores STR, indicó que los dientes con múltiples raíces proporcionaban una mejor cantidad y calidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) que aquellos con una sola raíz. Además, los dientes con caries mostraron una disminución en la cantidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) recuperado de la pulpa, pero no se observó esta pérdida en las muestras de cemento. Se concluyó que la obtención de muestras de cemento es ideal cuando se necesita preservar la morfología del diente, mientras que un enfoque</p>
--	--	--	--	--	--

					oclusal para recuperar pulpa puede ser una buena alternativa para obtener ácido desoxirribonucleico(ADN) sin destruir la estructura dental.
5	Ilenia, Bianchi., Simone, Grassi., Francesca,	Dental DNA as an Indicator of Post-Mortem Interval (PMI): A Pilot Research	Evaluar la viabilidad del análisis de secuenciación de nueva generación (NGS) en la pulpa dental para detectar mutaciones	Para llevar a cabo el estudio, se utilizó un kit oncopanel de 56 genes en una muestra de 17 dientes extraídos de pacientes	Los resultados mostraron que 38 de los 56 genes analizados presentaban mutaciones, sumando un total de 101 mutaciones de

	<p>Castiglione., Caterina, Bartoli., Bianca, De, Saint, Pierre., Martina, Focardi., Antonio, Oliva., Vilma, Pinchi.(2022)</p>		<p>genéticas causadas por la necrosis celular post-mortem.</p>	<p>vivos. El momento de la extracción del diente se asumió como el momento de la muerte del individuo, y el PMI se definió como el tiempo transcurrido desde la extracción del ácido desoxirribonucleico(ADN) hasta su análisis. Se usaron días y Grados Día Acumulados (ADD) como medidas del PMI, que variaron entre 0 y 34 días.</p>	<p>interés forense. De estas, 14 mutaciones ocurrieron solo en un rango específico de PMI/ADD; 67 se detectaron en momentos específicos de PMI/ADD, ya sea solas o en grupos del mismo gen; y 22 ocurrieron en todos los PMI/ADD, excepto en algunos intervalos específicos. Dado que la pulpa dental no estaba afectada por enfermedades oncológicas y todos los dientes eran intactos y provenientes de pacientes sin antecedentes médicos significativos, se asumió que las mutaciones se debían a cambios en el</p>
--	---	--	--	---	---

					<p>ácido desoxirribonucleico(ADN) post-mortem inducidos por la muerte de la pulpa y el aumento del tiempo transcurrido desde la muerte.</p> <p>Este estudio piloto encontró resultados alentadores en la aplicación del análisis NGS en el ácido desoxirribonucleico(ADN) dental, especialmente para PMIs de varios días, donde las herramientas tradicionales de estimación del PMI son limitadas. Sin embargo, se necesita más investigación con una</p>
--	--	--	--	--	--

					muestra mayor y validación de los resultados obtenidos.
6	Hughes-Stamm, S., Warnke, F., & Daal, A (2016)	An alternate method for extracting DNA from environmentally challenged teeth for improved DNA analysis	Comparar un método no destructivo de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de dientes con un método estándar que implica la pulverización del diente.	El nuevo método utiliza limas dentales endodónticas para acceder a los canales radiculares y la cavidad pulpar desde el extremo apical de las raíces, evitando así el daño mecánico a la corona y la morfología de la raíz. En contraste, el método tradicional requiere la pulverización de la raíz o el diente entero, lo que resulta en la destrucción de la superficie oclusal para acceder al ácido desoxirribonucleico(ADN)	Los resultados mostraron que, aunque el método de limado fue más laborioso y produjo menos polvo de dentina, la cantidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) amplificable por miligramo de polvo fue significativamente mayor en comparación con el método de pulverización. Además, el número de alelos de repeticiones cortas en tándem (STR) detectados y las proporciones de altura de los picos de los perfiles

				<p>en los canales radiculares y la cámara pulpar.</p> <p>Para llevar a cabo la comparación, se recolectaron dientes de siete pacientes que se sometieron a extracciones dentales de rutina. Se utilizaron dos dientes del mismo tipo por individuo para minimizar la variación, y todos los dientes estaban sanos y sin caries ni empastes. El nuevo método implicó el uso de limas endodónticas manuales para raspar el interior de cada canal radicular y obtener polvo de dentina. Este polvo se</p>	<p>STR fueron notablemente más altos. Aunque existen otros métodos para extraer tejido rico en ácido desoxirribonucleico(ADN) de la cámara pulpar de los dientes, el método presentado en este estudio es mínimamente invasivo, permitiendo así la preservación de la morfología del diente y la corona.</p> <p>En conclusión, este estudio encontró que el método de limado endodóntico es una alternativa efectiva y menos destructiva para la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN)</p>
--	--	--	--	---	---

				utilizó para la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN).	de dientes, ofreciendo una mejor calidad y cantidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) en comparación con los métodos tradicionales de pulverización.
7	Khan, A. A. Haleem, Aadithya B. Urs, J Augustine and H. Singh (2020)	Comparative forensic analysis of reverse root canal filing and conventional method for DNA isolation from extracted teeth under different environmental conditions: A prospective study.	Comparar un método no destructivo para extraer ácido desoxirribonucleico(ADN) de los dientes, llamado método de limado retrógrado (RRCF), con el método convencional que implica la pulverización del diente.	Para realizar esta investigación, se recolectaron 27 pares de dientes bilaterales intactos de pacientes sometidos a extracciones dentales. Los dientes se sometieron a tres condiciones ambientales simuladas: enterramiento en suelo durante seis meses, incineración a 200°C durante cuatro minutos e inmersión en agua durante dos meses.	Los resultados mostraron que, aunque el método RRCF era más laborioso y producía menos polvo de dentina, la concentración de ácido desoxirribonucleico(ADN) amplificable por miligramo de polvo era significativamente mayor en comparación con el método convencional. En todas las condiciones ambientales, el método

				<p>Los dientes fueron limpiados físicamente y luego sometidos a limpieza química antes de extraer el ácido desoxirribonucleico(ADN). El ácido desoxirribonucleico(ADN) se extrajo utilizando tanto el método RRCF, que emplea limas endodónticas para acceder a la cavidad pulpar y la dentina, como el método convencional de pulverización.</p>	<p>RRCF proporcionó una mayor cantidad de ácido desoxirribonucleico(ADN). La concentración media de ácido desoxirribonucleico(ADN) fue mayor en las muestras incineradas, seguidas de las enterradas en suelo y las sumergidas en agua.</p> <p>En conclusión, el método RRCF resultó ser más eficaz en términos de cantidad y calidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) extraído, además de preservar la estructura del diente, lo cual es una</p>
--	--	--	--	---	--

					ventaja significativa sobre el método convencional de pulverización. Se recomienda realizar más investigaciones con un mayor tamaño de muestra y diversas condiciones ambientales para validar estos resultados.
8	Cafiero, C., Re, A., Stigliano, E., Bassotti, E., Moroni, R., & Grippaudo, C (2019).	Optimization of DNA extraction from dental remains	Optimizar el proceso de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de restos dentales y compararlo con el método clásico de pulverización.	Para llevar a cabo la investigación, se utilizaron 16 dientes de restos humanos de aproximadamente 100 años. Estos dientes se dividieron en dos grupos de 8 dientes cada uno. El primer grupo fue tratado con el método clásico, que implica varios pasos de pulverización y	Los resultados mostraron que el nuevo método de extracción directa proporcionó una cantidad significativamente mayor de ácido desoxirribonucleico(ADN) en comparación con el método clásico. La concentración media de ácido desoxirribonucleico(ADN)

				<p>descalcificación. El segundo grupo fue procesado con un nuevo procedimiento que permite extraer la pulpa dental de manera directa y menos invasiva.</p> <p>El procedimiento clásico involucró la pulverización de cada diente usando un mortero y un pistilo de teflón, seguido de un proceso de descalcificación que tomó varios días. La mezcla resultante fue filtrada y sometida a lisis para extraer el ácido desoxirribonucleico(ADN).</p>	<p>extraído fue notablemente superior en el grupo tratado con el nuevo método, lo que sugiere que este procedimiento es más eficiente y menos laborioso. Además, el tiempo necesario para completar el proceso de extracción se redujo considerablemente.</p> <p>En conclusión, el nuevo método de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de restos dentales demostró ser más efectivo en términos de cantidad y</p>
--	--	--	--	---	--

				<p>En contraste, el nuevo método consistió en observar los dientes bajo un estereomicroscopio para identificar la parte menos dañada, realizar un corte en el eje apical-coronal con un disco de carborundo, y abrir el diente con un cincel para exponer la cavidad pulpar. El material de la pulpa fue recolectado y sometido a un proceso de rehidratación y lisis.</p>	<p>calidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) extraído. Este método es especialmente útil en estudios forenses y antropológicos, ya que permite obtener ácido desoxirribonucleico(ADN) de alta calidad en un tiempo más corto y con menor riesgo de contaminación.</p>
9	Sofian Claudia (2017)	Extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de los dientes	Analizar el papel de la odontología forense en la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de los dientes y su relevancia para la	Se pretende revisar los distintos métodos utilizados para tratar los dientes con el fin de extraer ácido desoxirribonucleico(ADN), diferenciando entre	Los resultados del estudio indican que no hay un consenso absoluto sobre la preferencia entre métodos destructivos y no destructivos, ya que ambos pueden ser efectivos para

			<p>identificación de individuos.</p>	<p>métodos destructivos y no destructivos. También se busca comparar los métodos de extracción en piezas dentales antiguas y modernas, y evaluar la eficacia del ácido desoxirribonucleico(ADN) nuclear frente al ácido desoxirribonucleico(ADN) mitocondrial en casos de identificación.</p> <p>La metodología se basó en una revisión bibliográfica de artículos relevantes publicados en revistas científicas de prestigio en el campo de la odontología</p>	<p>la identificación. Los métodos destructivos, como la pulverización del diente, son más comunes y eficaces en piezas antiguas debido a su simplicidad y menor costo. Sin embargo, los métodos no destructivos están ganando popularidad porque permiten preservar la integridad del diente para estudios futuros.</p> <p>En piezas dentales antiguas, la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) es más complicada debido</p>
--	--	--	--------------------------------------	---	--

				forense. Se realizaron búsquedas en bases de datos como PubMed y SCOPUS, utilizando palabras clave específicas relacionadas con la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de dientes y su aplicación forense. Se seleccionaron artículos en inglés y español que aportaban información relevante sobre el tema, y se utilizó el gestor Mendeley para organizar y almacenar las referencias.	a la degradación del material genético. El ácido desoxirribonucleico(ADN) mitocondrial, por su abundancia y resistencia, es preferido cuando el ácido desoxirribonucleico(ADN) nuclear no es viable. La identificación mediante ácido desoxirribonucleico(ADN) mitocondrial ha demostrado ser efectiva incluso en condiciones extremas de conservación.
10	Rodríguez Víctor (2022)	Análisis de las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) en piezas dentales con	Evaluar la eficacia de distintas técnicas de análisis de ácido desoxirribonucleico(ADN)	El estudio se fundamentó en un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y explicativo, que incluyó	El estudio reveló que la técnica de descalcificación demostró ser la más efectiva en la extracción de

		<p>finés identificativos forenses</p>	<p>en pulpas dentales para la identificación humana.</p>	<p>una revisión bibliográfica y documental. Se han elegido publicaciones científicas disponibles a partir del año 2017 en bases de datos reconocidas como PubMed, Scielo, Redalyc, Scopus y Science Direct. En el estudio se utilizaron términos clave como "análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN)", "análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en pulpas dentales", "identificación humana mediante ácido desoxirribonucleico (ADN)" y "extracción y análisis de ácido desoxirribonucleico</p>	<p>ácido desoxirribonucleico(ADN), alcanzando un índice de éxito del 98% en los casos analizados. Esta técnica superó a otras metodologías como la extracción orgánica, el lavado de ácido desoxirribonucleico(ADN) en columnas de hidroxiapatita y el uso de sílice. El estudio resaltó que los dientes, en particular la pulpa dental, constituyen una importante fuente de ácido desoxirribonucleico (ADN) mitocondrial y nuclear, resguardado por la estructura dental. Se ha</p>
--	--	---------------------------------------	--	---	---

				(ADN)". Para garantizar el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se empleó la metodología del prisma.	observado que las técnicas menos invasivas que conservan la morfología dental, como el empleo de limas endodónticas, pueden resultar efectivas a pesar de requerir más trabajo.
--	--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2.Discusión

La identificación de ácido desoxirribonucleico(ADN) en piezas dentales se ha convertido en un recurso fundamental en el campo de la odontología forense. Esto se debe a la elevada concentración de ácido desoxirribonucleico(ADN) presente en la pulpa dental, así como a su resguardo por las estructuras duras del diente. Se han evaluado diversas metodologías de extracción con el objetivo de mejorar la eficiencia en la obtención de ácido desoxirribonucleico(ADN) con propósitos de identificación. La técnica predominante en la amplificación de pequeñas cantidades de ácido desoxirribonucleico(ADN), permitiendo su análisis en condiciones desfavorables, es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La técnica mencionada resulta altamente eficaz en los molares, ya que la estructura dental actúa como una barrera protectora que resguarda la pulpa de posibles agentes contaminantes externos.

Dentro de las metodologías de extracción utilizadas, se ha comprobado la eficacia de la resina quelante Chelex 100 en el aislamiento del ácido desoxirribonucleico(ADN) presente en la pulpa dental. Este procedimiento es ágil y sencillo, sin necesidad de emplear disolventes orgánicos ni realizar múltiples transferencias entre tubos. En investigaciones experimentales que expusieron muestras dentales a variaciones de temperatura, se observó que el uso de Chelex 100 posibilitó la amplificación y caracterización del ácido desoxirribonucleico(ADN), incluso en muestras que habían sido sometidas a altas temperaturas de hasta 300 °C. La viabilidad de este método para la identificación forense en casos de cuerpos quemados se sugiere a través de su eficiencia, lo que ofrece una alternativa valiosa a los métodos convencionales.

La técnica de descalcificación ha demostrado ser un método exitoso para extraer ácido desoxirribonucleico (ADN) de pulpas dentales con un índice de éxito del 98%. Esta técnica supera a la extracción orgánica y otras técnicas en términos de cantidad y calidad del ADN recuperado. La desmineralización de la dentina permite que el ADN protegido se exponga, lo que facilita la preservación del material genético. El uso de este método ha demostrado ser particularmente efectivo en el análisis de restos humanos antiguos, donde la preservación del ADN es fundamental para la identificación forense.

La utilización de limas endodónticas con el propósito de extraer ácido desoxirribonucleico(ADN) se considera una técnica menos invasiva que permite conservar

la morfología dental. En estudios comparativos, se ha comprobado la eficacia de este método al proporcionar una mayor cantidad de ácido desoxirribonucleico(ADN) amplificable por miligramo de polvo en comparación con la pulverización del diente completo. La conservación de la estructura dental representa una ventaja de gran importancia, sobre todo en investigaciones en las que se requiere preservar la integridad morfológica para análisis posteriores.

La influencia de las condiciones post-mortem en la cantidad y calidad del ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar es resaltada en la revisión de la literatura. Los rendimientos de ácido desoxirribonucleico(ADN) se ven significativamente afectados por factores como la temperatura ambiente, la inmersión en agua y el enterramiento. Las muestras almacenadas a temperatura ambiente han demostrado una mayor eficiencia en contraste con otras condiciones ambientales. Las observaciones resaltan la relevancia de tomar en cuenta las condiciones ambientales en los procedimientos de extracción y análisis de ácido desoxirribonucleico(ADN) en los protocolos.

En situaciones de muerte violenta o desastres naturales, la extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de la pulpa dental ha sido fundamental para la identificación de individuos, contribuyendo significativamente a la resolución de diversos casos. La capacidad de extraer y amplificar ácido desoxirribonucleico(ADN) ha sido beneficiosa en la identificación de víctimas de incendios, a pesar de su exposición a altas temperaturas. La resistencia del ácido desoxirribonucleico(ADN) pulpar a la degradación ha permitido la identificación de restos en fosas comunes de manera efectiva.

La secuenciación de nueva generación (NGS) ha dado nuevas oportunidades a la identificación forense. Los estudios preliminares han demostrado que el uso de NGS en el análisis de la pulpa dental puede ayudar a encontrar mutaciones genéticas causadas por la muerte celular post mortem. Este método proporciona un análisis detallado del perfil genético, lo que facilita la identificación en casos complejos donde las técnicas tradicionales son insuficientes. Además, la capacidad de NGS para analizar múltiples loci simultáneamente mejora la confiabilidad y la precisión del proceso de identificación forense.

La comparación de las técnicas destructivas y no destructivas de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) ha revelado que ambas pueden resultar eficaces, aunque difieren en cuanto a la conservación de la muestra y la integridad del ácido

desoxirribonucleico(ADN). Los procedimientos destructivos, como la pulverización dental, son ampliamente utilizados debido a su sencillez y menor costo, sin embargo, limitan la capacidad de llevar a cabo análisis morfológicos en etapas posteriores. Por otra parte, los métodos no invasivos, como la utilización de limas endodónticas, a pesar de ser más detallados, posibilitan la conservación de la integridad dental y la obtención de ácido desoxirribonucleico(ADN) de excelente calidad.

El ácido desoxirribonucleico(ADN) mitocondrial se ha evidenciado como una opción factible en casos donde no es posible recuperar el ácido desoxirribonucleico(ADN) nuclear. La abundancia y la resistencia a la degradación hacen que sea particularmente útil en condiciones extremas de conservación. La utilización del ácido desoxirribonucleico(ADN) mitocondrial ha demostrado ser eficaz en la identificación de restos antiguos y en circunstancias en las que la integridad del material genético se encuentra considerablemente deteriorada. Esta técnica complementa el análisis del ácido desoxirribonucleico(ADN) nuclear, ofreciendo así una herramienta adicional para la identificación forense.

La investigación en curso sobre la mejora de las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) es esencial para aumentar la precisión y eficiencia de la identificación forense. En investigaciones actuales, se ha examinado la fusión de distintos métodos, que incluyen el uso de técnicas de descontaminación avanzadas y enfoques híbridos que combinan aspectos destacados de los métodos destructivos y no destructivos. Los avances mencionados tienen el potencial de optimizar la extracción de material genético en contextos adversos, lo que resultaría en una ampliación de las posibilidades de utilización de la odontología forense.

La práctica de la identificación forense ha sido transformada por la capacidad de los métodos actuales para extraer ácido desoxirribonucleico(ADN) de alta calidad de la pulpa dental. La fiabilidad de las identificaciones se ha fortalecido gracias a la precisión de técnicas como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y la descalcificación, así como a la innovación de métodos menos invasivos. El desarrollo de estas metodologías evidencia un compromiso constante con el avance de la ciencia forense, garantizando la solidez y la adaptabilidad de las herramientas disponibles para diversos contextos de investigación.

El progreso en la identificación de ácido desoxirribonucleico(ADN) en muestras dentales ha sido notable debido a los avances en las metodologías de extracción y análisis. La amplia

gama de enfoques disponibles brinda a los investigadores la posibilidad de elegir el método más apropiado en función de las características particulares de la muestra y los objetivos de la investigación. La obtención de ácido desoxirribonucleico(ADN) de alta calidad de la pulpa dental garantiza que este recurso genético mantendrá su importancia en la identificación forense en los años venideros.

En el ámbito de la odontología forense, se destaca la discusión sobre las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN), no solo por los avances tecnológicos, sino también por la importancia de contar con protocolos estandarizados que garanticen la reproducibilidad y comparabilidad de los resultados. La adopción de normas internacionales en el proceso de extracción y análisis de ácido desoxirribonucleico(ADN) tendrá como resultado el fortalecimiento de la cooperación entre laboratorios y la mejora de la exactitud en las identificaciones.

La combinación de tecnologías emergentes, como la secuenciación de nueva generación, con métodos convencionales de obtención de ácido desoxirribonucleico(ADN), augura un panorama en el cual el proceso de identificación forense alcance niveles de precisión y eficacia superiores. La capacidad de analizar varios loci genéticos y detectar mutaciones después de la muerte amplía el campo de la odontología forense, lo que posibilita la resolución de casos complejos que previamente resultaban inabordables.

La importancia de la investigación interdisciplinaria se destaca a través del constante avance de las técnicas de extracción de ácido desoxirribonucleico(ADN) de la pulpa dental y su utilización en la identificación forense. La colaboración entre odontólogos, genetistas y otros científicos forenses es fundamental para el progreso en el campo y garantizar la solidez científica y viabilidad operativa de las metodologías utilizadas.

Por lo tanto, la obtención de ácido desoxirribonucleico (ácido desoxirribonucleico(ADN)) de la pulpa dental se posiciona como una herramienta de gran utilidad en el ámbito de la identificación forense. Los avances significativos en la precisión y fiabilidad de las identificaciones se han logrado gracias a la evolución de las técnicas, que han pasado de la descalcificación a métodos menos invasivos y la integración de tecnologías avanzadas como la NGS. La clave para mantener y mejorar los logros en el futuro radicará en la investigación continua y la estandarización de los protocolos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Según una revisión exhaustiva de la literatura, la pulverización del diente, el uso de resinas quelantes como Chelex 100 y el uso de métodos menos invasivos como las limas endodónticas son las principales técnicas empleadas para la extracción de ADN en odontología forense. Cada una de estas técnicas tiene sus ventajas, especialmente la pulverización, que es ampliamente utilizada debido a su facilidad de uso. Sin embargo, hay métodos menos invasivos que preservan mejor la morfología dental y permiten una extracción más eficiente de ADN en situaciones específicas, como cuando los dientes están incinerados o expuestos a condiciones adversas.
- Las técnicas de extracción de ADN de la pulpa dental se destacan por su capacidad para obtener material genético de alta calidad debido a la protección que ofrecen las estructuras duras del diente frente a factores externos. Se ha demostrado que la descalcificación es la forma más efectiva de extraer ADN, con un índice de éxito del 98%. Esto supera a otras técnicas como la extracción orgánica o el uso de columnas de hidroxiapatita. Además, la técnica de resina quelante Chelex 100 es rápida y fácil de usar, lo que la convierte en una opción útil cuando los cuerpos están expuestos a altas temperaturas.
- En casos de muertes violentas, desastres naturales y cuerpos sometidos a condiciones extremas, como incineraciones, la identificación forense a través del ADN extraído de la pulpa dental ha sido crucial. La técnica ha sido exitosa incluso en cuerpos quemados, donde la pulpa dental ha demostrado ser una fuente resistente de ADN, según estudios revisados. La utilidad de esta técnica en contextos forenses complejos se ha demostrado en estos casos, donde el ADN de las pulpas ha permitido la identificación de víctimas, incluidas aquellas expuestas a altas temperaturas y condiciones post mortem desfavorables.

## **Recomendaciones**

- Debido a que preservan mejor la morfología dental, se recomienda continuar investigando y perfeccionando técnicas no destructivas de extracción de ADN, como el uso de limas endodónticas. Esto permitirá obtener ADN de alta calidad sin dañar la estructura del diente, lo que facilitará su reutilización en análisis posteriores.
- Dado su alto índice de éxito, la técnica de descalcificación se sugiere como método estándar para la identificación forense de ADN a partir de piezas dentales. Para mejorar su uso en escenarios forenses complejos, se recomienda continuar investigando la aplicación de la resina quelante Chelex 100 en condiciones adversas, como altas temperaturas.
- Se recomienda priorizar la extracción de ADN pulpar en cuerpos expuestos a condiciones extremas como incendios o desastres naturales. Además, es crucial capacitar a los profesionales forenses en la aplicación adecuada de estas técnicas en situaciones donde la identificación tradicional es limitada, ya que esto aumentará la precisión y rapidez en la resolución de casos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aeeegui, R., Bazantes, M., & Corral, G. (Diciembre de 2023). La Criminalística como ciencia y su importancia en la. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, IV(6). doi:10.56712/latam.v4i6.1531
- Aguilar, J. (Octubre de 2023). Perspectiva general de la genética y la genómica forense en México. *Revista Digital de Ciencia Forense*, 2(3). Obtenido de <http://recif.unam.mx/index.php/revista/article/view/132>
- Alketbi, S. (Jun de 2023). The role of DNA in forensic science: A comprehensive review. *International Journal of Science and Research Archive*, 9(2), 814-829. doi:10.30574/ijrsra.2023.9.2.0624
- Álvarez, D., Tóala, S., Delgado, Z., Peñafiel, J., Lucio, A., & Moreira, M. (Enero de 2019). La auditoría forense aplicada a la investigación penal. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 5(1). doi:10.23857/dc.v5i1.885
- Arias, C., Fernández, I., Outes, M., & Zemborain, R. (2023). Aspectos Clínicos y Forenses del Color Rosa de los Dientes. Reporte de Caso. *Revista de la Facultad de Odontología*, 38(88). Obtenido de <https://revista.odontologia.uba.ar/index.php/rfouba/article/view/158/244>
- Aruquipa, F., & Quispe, S. (2019). Recuperado el 8 de 05 de 2024, de Estudio comparativo de tres métodos de procesamiento para la obtención de ADN en dientes molares: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/22943>
- Ba Hoang, A., Drancourt, M., & Aboudharam, G. (Enero de 2022). Ancient dental pulp: Masterpiece tissue for paleomicrobiology. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*, 8(6). doi:10.1002/mgg3.1202
- Baena, A., Venegas, A., Remolina, E., Venegas, G., Londoño, H., Monroy, J., . . . Fino, O. (2021). *Introducción a la física forense aplicada a la reconstrucción de accidentes de tránsito*. Colombia: Universidad Católica de Colombia. doi:10.14718/9786287554108.2022
- Barrio, A. (Jun de 2013). Revisión de métodos de extracción de ADN a partir de restos óseos en el laboratorio forense. *Revista Española de Medicina Legal*, 39(2), 54-62. doi:10.1016/j.reml.2012.11.002
- Barrio, P. (2013). Revisión de métodos de extracción de ADN a partir de restos óseos en el laboratorio forense. *Revista Española de Medicina Legal*, 39(2), 54-62. doi:10.1016/j.reml.2012.11.002
- Barrios, C. (2020). Recuperado el 07 de 08 de 2024, de Factores que influyen en la cantidad y calidad del ADN Mitocondrial o nuclear de la pulpa dental utilizada en la identificación odontológica forense : <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/d3cac7fe-b494-4279-ac69-8227dd8d77e1/content>

- Bermejo, R. (2022). Recuperado el 15 de 07 de 2024, de La replicación del ADN: un proceso fundamental para la vida y “arriesgado” para la salud: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/288148/1/NEWSLETTER%205\\_Bermejo\\_2022.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/288148/1/NEWSLETTER%205_Bermejo_2022.pdf)
- Bianchi, I., Grassi, S., Castiglione, F., Bartoli, C., De Saint Pierre, B., Focardi, M., & Pinchi, V. (Oct de 2022). Dental DNA as an Indicator of Post-Mortem Interval (PMI): A Pilot Research. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(21). doi:10.3390/ijms232112896
- Bittar, N. (2023). *Medicina legal y nociones de criminalística*. (Décima Segunda ed.). Brazil: FOCO. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=esXDEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Medicina+Legal+&ots=a-gFs8bww3&sig=2HPRN4CEvX4N-GQDJ8eGaYYz6Vk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Medicina%20Legal&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=esXDEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Medicina+Legal+&ots=a-gFs8bww3&sig=2HPRN4CEvX4N-GQDJ8eGaYYz6Vk&redir_esc=y#v=onepage&q=Medicina%20Legal&f=false)
- Brunel, Z. (2022). *Variables implicadas en la obtención de un perfil genético completo en pericias forenses del Poder Judicial de la provincia de Corrientes*. Recuperado el 08 de 07 de 2024, de Variables implicadas en la obtención de un perfil genético completo en pericias forenses del Poder Judicial de la provincia de Corrientes.: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51306>
- Cacñahuaray, G., Gómez, D., Lamas, V., & Guerrero, M. (Jul de 2021). Aplicación de la inteligencia artificial en Odontología: revisión de la literatura. *Odontología sanmarquina*, 24(3), 243-253. *Revisión de la literatura. Odontol Sanmarquina*, 24(3). doi:10.15381/os.v24i3.20512
- Cadenas, D., & Garrido, M. (2020). *Factores que influyen en la cantidad y calidad del ADN mitocondrial o nuclear de la pulpa dental utilizada en la identificación en Odontología Forense*. Recuperado el 12 de 07 de 2024, de Factores que influyen en la cantidad y calidad del ADN mitocondrial o nuclear de la pulpa dental utilizada en la identificación en Odontología Forense.: [https://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvsc1/8398/Barrios\\_noaccessible\\_.pdf.pdf?sequence=1](https://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvsc1/8398/Barrios_noaccessible_.pdf.pdf?sequence=1)
- Cafiero, C. R. (2019). Optimization of DNA extraction from dental remains. *Electrophoresis*(40). Obtenido de 10.1002/elps.201900142.
- Caicedo, C. (2022). *Conceptos Básicos de Radiología Convencional aplicados en Radiología Forense*. Recuperado el 18 de 07 de 2024, de Conceptos Básicos de Radiología Convencional aplicados en Radiología Forense: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/47733/caicedoa.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Carguacundo, B. (2023). Recuperado el 03 de 09 de 2024, de Principales métodos de identificación utilizados en Odontología Forense para el reconocimiento de cadáveres. Universidad Nacional de Chimborazo : <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11393/1/Carguacundo%20Berrones%2C%20B%282023%29%20Principales%20m%C3%A9todos%20de%20identificaci%C3%B3n%20utilizad>

os%20en%20odontolog%C3%ADa%20forense%20para%20el%20reconocimiento%20de%20cad%C3%A1veres%28Tesis%20

- Cely, M., & Quiñónez, A. (2022). Revisión sistemática de las características de evaluación curricular en programas académicos de pregrado a través del método PRISMA-NMA. *Revista Electrónica Calidad en la Educación Superior*, 13(2). doi:10.22458/caes.v13i2.4415
- Comisión Nacional . (2017). Recuperado el 1 de 08 de 2024, de Medicina legal y forense :<https://www.ucm.es/data/cont/docs/185-2017-08-10-185-2013-07-15-documento19281.pdf>
- Cuauro, J. (2021). Necropsia oral su importancia e inserción en el protocolo médico forense del cadáver dentro del campo de la odontología forense. *Acta Bioclínica*, 22(11), 94-113. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8929534>
- Cunha, E. (2019). Retorno de identidad: antropología forense en Brasil. *Ciencia y Cultura*, 71(2). Obtenido de <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v71n2/v71n2a11.pdf>
- Dairawan, M., & Shetty, P. (2020). The evolution of DNA extraction methods. *Biomed. Sci. Res.* Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/b4c8/e8a25c29065525a6ae9f1e2143a751de6d50.pdf>
- Dal Santo, F. (2021). Patrones Morfológicos Erróneamente Diagnosticados como Huellas de Mordedura en Contextos Forenses: Una Revisión con Búsqueda Sistemática. *International Journal of Morphology*, 39(2). doi:10.4067/S0717-95022021000200642
- De la Rosa, V., Bugarin, H., & Pérez, L. (2024). Impacto de los materiales odontológicos en la integridad del ADN. *Con Evidencia*(2). doi:10.32870/ce.vi2.33
- Diéz, S., Gómez, C., Matayoshi, C., López, A., & Arroyo, E. (2013). *Esqueletos que hablan: técnicas no destructivas de ADN*. Recuperado el Jun de 2024, de Esqueletos que hablan: técnicas no destructivas de ADN: <https://www.ucm.es/otri/noticias-tecnicas-no-destructivas-de-adn>
- Espín, & D. (2023). Recuperado el 09 de 07 de 2024, de Odontología forense y sus aplicaciones en identificación humana. Universidad Nacional de Chimborazo: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11247/1/Esp%20c3%adn%20Freire%20c%20D%20282023%29%20Odontolog%20c3%ada%20forense%20y%20sus%20aplicaciones%20en%20identificaci%20c3%b3n%20humana.%20%28Tesis%20de%20Pregrado%29%20Universidad%20Nacional%20de%20Chimborazo%20>
- Espín, D. (2023). *Odontología forense y sus aplicaciones en identificación humana*. Recuperado el Jun de 2024, de Odontología forense y sus aplicaciones en identificación humana: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11247>
- Fernández, J. (Mar de 2020). Evaluación de la satisfacción de los usuarios con la atención recibida en la Unidad de Odontología Forense del Departamento de Medicina Legal del Organismo de Investigación Judicial en el segundo semestre del 2018. *Medicina Legal de Costa Rica*, 37(1). Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1098384>

- Forrest, A. (Nov de 2019). Forensic odontology in DVI: current practice and recent advances. *Forensic sciences research*, 4(4), 316-330. doi:10.1080/20961790.2019.1678710
- Galán, N., & Platero, D. (2022). Recuperado el Jun de 2024, de Descripción del análisis de ADN para la identificación de sospechosos de agresión sexual partiendo de semen como evidencia biológica: <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/30453/>
- García, I. (2020). Semántica de los términos medicina legal y medicina forense. *Revista Conamed*, 25(2). doi:10.35366/94392
- García, J. (2014). Recuperado el 03 de 09 de 2024, de Introducción a las ciencias forenses : [https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/77605/2/Criminal%C3%ADstica\\_M%C3%B3dul\\_o%201\\_Introducci%C3%B3n%20a%20las%20ciencias%20forenses.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/77605/2/Criminal%C3%ADstica_M%C3%B3dul_o%201_Introducci%C3%B3n%20a%20las%20ciencias%20forenses.pdf)
- García, M., Chávez, E., Cervantes, N., Diaz, A., Lara, A., Serrano, A., & de Jesús, M. (2022). Implementación de una técnica de extracción de ADN a partir de saliva, como alternativa viable para estudios genéticos relacionados a salud bucal. *Contexto Odontológico*, 24(2), 5. Obtenido de <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/contextoodontologico/article/view/2282>
- García, R. (2020). *Introducción a la química forense*. Bosch.
- Guillen, B. (2022). Recuperado el 03 de 09 de 2024, de La identificación humana mediante análisis de ADN en pulpas dentales. Universidad Católica de Cuenca : <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13857>
- Guillen, B. (2023). *La identificación Humana Mediante análisis de ADN en pulpas dentales*. Recuperado el 8 de 08 de 2024, de La identificación Humana Mediante análisis de ADN en pulpas dentales: <https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0ec6302b-9bae-4947-813a-e6b147b5869f/content>
- Guillén, B. (2023). *La Identificación Humana mediante análisis de ADN en pulpas dentales*. Recuperado el Abr de 2024, de La Identificación Humana mediante análisis de ADN en pulpas dentales: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13857>
- Gutiérrez, J. (2024). Recuperado el Jun de 2024, de Precisión del método Cameriere para la estimación de la edad dental en niños peruanos de 6 a 10 años 2021.: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/8038>
- Guzmán, Á. (2022). *Análisis comparativo de la recuperación de ADN endógeno de molares de mamuts (Mammuthus columbi) excavados en Santa Lucía, Estado de México*. Recuperado el Jun de 2024, de Análisis comparativo de la recuperación de ADN endógeno de molares de mamuts (Mammuthus columbi) excavados en Santa Lucía, Estado de México.: <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/8581>
- Haarkötter, C. (2019). *La cuantificación como herramienta de optimización en el análisis de ADN mitocondrial en restos óseos antiguos*. Recuperado el Jun de 2024, de La cuantificación como herramienta de optimización en el análisis de ADN mitocondrial en restos óseos antiguos. Universidad de Granada: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/67071>

- Harney, É., Cheronet, O., Fernandes, D., Sirak, K., Mah, M., & Bernardos, R. (Feb de 2021). A minimally destructive protocol for DNA extraction from ancient teeth. *Genome research*, 31(2), 472-483. doi:10.1101/gr.267534.120
- Hidalgo, I., Hidalgo, B., Hidalgo, G., Latorre, & N. (2024). *Informática Forense II: Prueba Indiciaria Informático Forense*. Editorial Investigativa Latinoamericana. doi:9789942722157, 9942722157
- Hughes-Stamm, S. W. (2016). An alternate method for extracting DNA from environmentally challenged teeth for improved DNA analysis. *Legal medicine*, 31(6). doi:10.1016/j.legalmed.2015.11.008.
- Hung, L., Thi, N., Aboudharam, G., Raoult, D., & Drancourt, M. (Oct de 2007). A new method to extract dental pulp DNA: application to universal detection of bacteria. *PloS ONE*, 2(10). Obtenido de 10.1371/journal.pone.0001062
- Ilenia, B. S. (2022). Dental DNA as an Indicator of Post-Mortem Interval (PMI): A Pilot Research. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(21). doi:10.3390/ijms232112896
- Jeffreys, A. (2013). The man behind the DNA fingerprints: an interview with Professor Sir Alec Jeffreys. *Investigative Genetics*, 4(21). doi:10.1186/2041-2223-4-21
- Jiménez, A. (2009). Recuperado el 17 de 07 de 2024, de Comparación de tres métodos de extracción y purificación de ADN a partir de restos óseos para análisis forense : <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/559/TFG%20Capo%20Jimenez%20Adriana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jordan, D., & Mills, D. (2021). Past, present, and future of DNA typing for analyzing human and non-human forensic samples. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 9. doi:10.3389/fevo.2021.646130
- Khan Academy . (2023). *DNA structure and function*. Recuperado el JUN de 2024, de DNA structure and function: <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/biomolecules/dna/a/dna-structure-and-function>
- Khan, A. A. (2020). Comparative forensic analysis of reverse root canal filing and conventional method for DNA isolation from extracted teeth under different environmental conditions: A prospective study. *The Journal of forensic odonto-stomatology* , 3(38).
- Khan, A., & Manica, S. &. (Sept de 2023). Dental Age Estimation Methods Tested in a Sample of the Pakistani Population: Cross-Sectional Study. *Oral*, 3(4), 511-525. doi:10.3390/oral3040042
- Könönen, E., Gursoy, M., & Gursoy, U. (Jul de 2019). Periodontitis: a multifaceted disease of tooth-supporting tissues. *Journal of clinical medicine*. *Journal of clinical medicine*, 9(9), 1135. doi:10.3390/jcm8081135

- Lechuga, C., Zafra, E., & Sánchez, M. (2023). LA CONCEPTUALIZACIÓN CIENTÍFICA DE LA VIOLENCIA VICARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA SIGUIENDO EL MÉTODO PRISMA 2020. *Investigando en Psicología*(24).
- Liu, Q., Liu, L., Zhang, M., Zhang, Q., Wang, Q., Ding, X., & Wang, S. (May de 2018). A simple and efficient method of extracting DNA from aged bones and teeth. *Journal of forensic sciences. Journal of forensic sciences*, 63(3), 824-828. doi:10.1111/1556-4029.13603
- Lizcano, D., Restrepo, L., & Romero, A. (2010). Recomendaciones para el procesamiento de especímenes en patología ósea. Experiencia del instituto nacional de cancerología de colombia. *REV COLOMB CANCEROL*, 14(3). Obtenido de .
- Lozano, D. (2020). Degradación del ADN humano en muestras dentales sometidas a estrés térmico. *uma*. Obtenido de <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/19464>
- Machado, J. (2024). Desarrollo de los métodos de identificación de cadáveres en la odontología forense: análisis teórico. *Polo del Conocimiento*, 9(1). doi:10.23857/pc.v9i1.6385
- Maldonado, A., & Laborda, M. (s.f). Recuperado el 03 de 09 de 2024, de Orígenes e historia de la odontología legal y forense : <https://www.um.es/documents/4874468/15799586/tema-1.pdf/52d5d09f-7aaa-4666-8ef4-094ea4bc8373#:~:text=La%20Odontolog%C3%ADa%20Legal%20y%20Forense%20podr%C3%ADa%20ser%20entendida%20como%20el,derecho%20a%20resolver%20determinados%20problemas>.
- Manso, A., Mazo, G., Garrido, E., Pérez, P., Vicente, I., Pinilla, S., & Marcalain, B. (2020). La especialidad de Medicina Legal y Forense en España. *Revista española de medicina legal: órgano de la Asociación Nacional de Médicos Forenses*, 46(4). doi:10.1016/J.REML.2020.09.001
- Marcos, J., Gallego, R., & Ochoa, J. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educación química*, 30(1). doi:10.22201/fq.18708404e.2019.1.65732
- Medina, S., Bravo, P., León, K., & Tacuri, C. (2022). Molecular diagnostic methods in dental practice. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 79(5). doi: 10.35366/107964
- Mesa, M. (2023). Recuperado el 26 de 08 de 2024, de La fotogrametría como alternativa para la obtención de modelos: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10480/1/Mesa%20Revelo%2C%20M%20%282023%29%20La%20fotogrametr%C3%ADa%20como%20alternativa%20para%20la%20obtenci%C3%B3n%20de%20modelos%203d%20en%20odontolog%C3%ADa.%20%28Tesis%20de%20Pregrado%29%20Universidad%20Nac>
- Meza, G., Ulloa, J., Uribe, A., & Guitiérrez, M. (2013). Técnica no convencional de extracción de ADN a partir de tejido embebido de parafina para uso en la reacción en cadena de la

polimerasa. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a05.pdf>

- Molina, H., & Oliva, Y. (2019). *Variación de la calidad del ADN Mitocondrial en dientes bovinos inmersos en el mar. Estudio experimental*. Recuperado el Jun de 2024, de Variación de la calidad del ADN Mitocondrial en dientes bovinos inmersos en el mar. Estudio experimental: <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/items/65e0f5a8-fcd0-4684-914f-80da5d83fe77>
- Nava, A., Albany, N., & Vilchez, J. (Nov de 2015). Protocolo de extracción de ADN para Aloe barbadensis Mill. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 32(2), 231-251. Obtenido de Protocolo de extracción de ADN para Aloe barbadensis Mill.: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27181>
- Notario, E. (2016). *Modificación del patrón de expresión genética de células madre mesenquimales de origen de pulpa dental humana mediante medio de diferenciación comercial y medio condicionado*. Recuperado el Jun de 2024, de Universidad Complutense de Madrid: <https://docta.ucm.es/entities/publication/6edd8dd2-fbbc-477e-bce1-a8ca5c0aaa57>
- Ordóñez, V. (2021). Recuperado el 16 de 07 de 2024, de Ácidos nucleicos, ingeniería genética y biotecnología. Universidad de Jaén: [https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/15002/1/VARGAS\\_ORDONEZ\\_ANTONIO\\_BIOLOGIA\\_Y\\_GEOLOGIA\\_TFM.pdf](https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/15002/1/VARGAS_ORDONEZ_ANTONIO_BIOLOGIA_Y_GEOLOGIA_TFM.pdf)
- Pérez, G. (s.f). Recuperado el 3 de 09 de 2024, de Medicina forense, criminalística de campo, balística, dactiloscopia y química forense. Universidad Autónoma de Baja : <https://biblio.uabcs.mx/tesis/TE%202503.pdf>
- Prieto, L. (2002). Recuperado el 3 de 09 de 2024, de Estudio de polimorfismos de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados. Universidad Complutense de Madrid : <https://docta.ucm.es/entities/publication/52335f67-6e93-48a7-9737-aa4e073b0458>
- Psifidi, A., Dovas, C., Bramis, G., Lazou, T., Russel, C., Arsenos, G., & Banos, G. (Ene de 2015). Comparison of Eleven Methods for Genomic DNA Extraction Suitable for Large-Scale Whole-Genome Genotyping and Long-Term DNA Banking Using Blood Samples. *PLoS ONE*, 10(1). doi:10.1371/journal.pone.0115960
- Quintero, Á., García, E., Vaca, J., & Franco, C. (2022). Psicología jurídica, criminológica y forense en México: estado del arte. En E. Céspedes, & G. Egea, *Con-ciencia criminal: Criminología, psicología jurídica y perfilación criminal* (pág. 31). Colombia: Manual Moderno. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=nlyCEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA31&dq=ciencias+forenses+en+méxico&ots=0qo10Z2eOj&sig=8TpiQHP2hQPEliwTGwSVjEJbtDI&redir\\_esc=y#v=onepage&q=ciencias%20forenses%20en%20méxico&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=nlyCEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA31&dq=ciencias+forenses+en+méxico&ots=0qo10Z2eOj&sig=8TpiQHP2hQPEliwTGwSVjEJbtDI&redir_esc=y#v=onepage&q=ciencias%20forenses%20en%20méxico&f=false)

- Ramírez, P., & Illariy, L. (2021). *Influencia del proceso tafonómico en la obtención de ADN a partir de tejido óseo humano proveniente de fosas clandestinas utilizando tres metodologías de extracción molecular*. Recuperado el 07 de 06 de 2024, de Análisis de las técnicas de extracción de ADN en piezas dentales con fines identificativos forenses: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9323>
- Ramirez, V., Almeida, K., Cáceres, V., & Lucena, M. (Julio de 2024). Criterios de selección de piezas dentales para la extracción de ADN revisión bibliográfica. *Anatomía digital*, 7(22). doi:10.33262/anatomiadigital.v7i2.2.3052
- Ramírez, V., Almeida, K., Cáceres, V., & Lucena, M. (2024). Criterios de selección de piezas dentales para la extracción de ADN revisión bibliográfica. *Anatomía digital* , 7(2). doi:10.33262/anatomiadigital.v7i2.2.3052
- Ramos, V. (2019). Recuperado el Jun de 2024, de Odontología forense y su aplicación en la criminalística: [https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1904/Articulo10\\_odontologia-forense.pdf](https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1904/Articulo10_odontologia-forense.pdf)
- Ríos, A., & Peña, M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*, 10(19). doi:10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.597
- Ríos, E., Campos, E., Campos, C., Helmes, R., & Guevara, Y. (Diciembre de 2020). Aplicación de la odontología forense en la identificación de cadáveres calcinados por catástrofes aéreas. *Tequío*, 4(10), 48-55. Obtenido de <https://uabjo.slm.cloud/?a=article.main&d=true&tf=article&id=PhBGmHsBuGQNBIBvR0UY>
- Robalino, F. (2023). Obtenido de Modulo antropología física forense .
- Rodríguez, V. (2022). *Análisis de las técnicas de extracción de ADN en piezas dentales con fines identificativos forenses*. Recuperado el 25 de Abril de 2024, de Análisis de las técnicas de extracción de ADN en piezas dentales con fines identificativos forenses.: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9323>
- Roewer, L. (2013). DNA fingerprinting in forensics: past, present, future. *Investigative genetics*, 4(1), 1-10. doi:10.1186/2041-2223-4-22
- Santos, R. (2023). Recuperado el 08 de 09 de 2024, de O DNA NA Odontología Forense : <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/53389/1/TCC%20Raoni%20Sting%20Santos%20de%20Sena.pdf>
- Sessa, F., Esposito, M., Cocimano, G., Sablone, S., Karaboue, M., Chisari, M., & Salerno, M. (Mar de 2024). Artificial Intelligence and Forensic Genetics: Current Applications and Future Perspectives. *Applied Sciences*, 14(5), 2113. doi:10.3390/app14052113
- Sofian, A. (2017). Recuperado el Jun de 2024, de Extracción de ADN de los dientes.: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/65186/TFG%20CLAUDIA-ANDREEA%20SOFIAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sosa, A., Romo, G., García, Z., López, J., Farfán, R., & Suzuri, L. (Abr de 2023). Perfil del estudiantado de la Licenciatura en Ciencia Forense, del ingreso a la titulación. *Investigación en educación médica*, 11(43). doi:10.22201/fm.20075057e.2022.43.22421
- Sosa, D., Solórzano, E., & Díaz, N. (2019). Antropología Biológica y su relación con la Odontología Genómica. Revisión de la literatura. *Boletín Antropológico*, 37(98). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/712/71263167005/html/>
- Stan, E., Muresan, C., Dumache, R., Ciocan, V., Ungureanu, S., & Mihailescu, A. (2024). From Jane Doe to Sofia: DNA Extraction Protocol from Bones and Teeth without Liquid Nitrogen for Identifying Skeletal Remains. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(25), 5114. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/10/5114>
- Stefani, R., & Delgado, C. (2021). Sustentabilidade organizacional e suas métricas: revisão sistemática utilizando o método PRISMA. *Revista Gestão em Análise*, 10(3). doi:10.12662/2359-618xregea.v10i3.p204-219.2021
- Suarez, M., Suarez, D., & Guambo, T. (2018). Procedimientos para determinar una mala práctica odontológica y reconocimiento e identificación en cadáveres mediante métodos y técnicas pre y post mortem. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 2(1). Obtenido de <http://www.reciamuc.com/index.php/es/article/view/78>
- Tomás, R. (2023). La antropología forense como antropología aplicada frente a la violencia social: una reflexión en torno al trabajo y la práctica interdisciplinar. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología*, 50, 21-46. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-54072023000100021&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-54072023000100021&script=sci_arttext)
- Trezza, F., Lossetti, O., & Patito, J. (s.f). La autopsia médico legal. *Cuadernos de medicina forense*, 3(2). Obtenido de La autopsia médico legal : [https://www.csjn.gov.ar/cmfcfs/files/pdf/\\_Tomo-3\(2004\)/Numero-2-3/07.pdf](https://www.csjn.gov.ar/cmfcfs/files/pdf/_Tomo-3(2004)/Numero-2-3/07.pdf)
- Tsuchimochi, T., Iwasa, M., Maeno, Y., Koyama, H. I., & Nagao, M. (2022). Extracción de ADN de pulpa dental con resina quelante y determinación del sexo de dientes incinerados con repetición alfoide del cromosoma Y y repeticiones cortas en tándem. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*(23). Obtenido de 10.1097/0000433-200209000-00013 .
- Vallejos, G., & Alonso, A. (2009). La identiicación genética en grandes catástrofes: avances. *Revista Española de Medicina Legal*, 35(1).
- Van Oorschot, R., Ballantyne, K., & Mitchell, R. (2010). Forensic trace DNA: a review. *Investigative genetics*, 1(14), 1-17. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1186/2041-2223-1-14>
- Van, E., Kunst, M., & De Keijer, J. (Abril de 2020). Forensic mental health expert testimony and judicial decision-making: A systematic literature review. *Aggression and Violent Behavior*, 51. doi:10.1016/j.avb.2020.101387

- Villalobos, F. (2022). Recuperado el 08 de 07 de 2024, de Identificación facial digital en odontología forense: una revisión crítica. Universidad de Valparaíso: <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/16d55d6e-72e0-46a4-a10a-dd5fc8c644e2/content>
- Villalobos, F. (2022). Recuperado el 8 de 7 de 2024, de Identificación facial digital en odontología forense: una revisión crítica : <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/16d55d6e-72e0-46a4-a10a-dd5fc8c644e2/content>
- Wang, Y., Dai, T., Tian, H., Wan, F., & Zhang, G. (2019). Comparative analysis of eight DNA extraction methods for molecular research in mealybugs. *PloS one*, 12(14). Obtenido de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0226818>
- Willis, G. (2018). *Regulación legal sobre identificación genética de personas fallecidas y no identificadas en las formas convencionales en Alta Verapaz*. Recuperado el Abr de 2024, de Regulación legal sobre identificación genética de personas fallecidas y no identificadas en las formas convencionales en Alta Verapaz: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10748/>
- Yi-Feng, W. C.-Y.-J.-I. (2023). *Identificación de ADN a partir de pulpa y cemento dental*. Recuperado el Jun de 2024, de Identificación de ADN de pulpa dental y cemento.: [https://typeset.io/papers/dna-identification-from-dental-pulp-and-cementum-376isnaza2?references\\_has\\_pdf=true](https://typeset.io/papers/dna-identification-from-dental-pulp-and-cementum-376isnaza2?references_has_pdf=true)
- Yudianto, A., Widodo, T., Kristianto, S., Setiawan, F., Masjkur, N., Huda, A., & Nurdianto, R. (2024). Bone and Dental DNA Damage Due to Extreme High-Temperature Exposure Through STR-CODIS, Y-STR and MtDNA Examinations. *Gaceta Médica de Caracas*, 132(2). Obtenido de [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_gmc/article/view/28542](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_gmc/article/view/28542)
- Zoranjic, J., Tay, J., Mountford, N., & Rye, M. (2021). Optimisation of an automated DNA extraction method for bone and teeth samples and applicability to two forensic cases. *Forensic Sciences*, 3(1), 194-201. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2673-6756/1/3/17>