

ISSN 2697-3391

# ANATOMÍA DIGITAL

Revista Científica Indexada  
Revisada por pares ciegos



**VOL 8 NUM 2**  
**PROCEDIMIENTOS**  
**MÉDICOS**



**ABRIL-JUNIO**  
**2025**

[www.anatomiadigital.org](http://www.anatomiadigital.org)  
[www.cienciadigitalaeditorial.com](http://www.cienciadigitalaeditorial.com)



Anatomía Digital, es editada por la editorial de prestigio Ciencia Digital, Ecuador tiene una periodicidad trimestral, acepta el envío de trabajos originales, en castellano, portugués e inglés para la aceptación y publicación de artículos científicos relacionados con las Ciencias de la Salud.

**ISSN:** 2697-3391 versión electrónica

Los aportes para la publicación están orientados a la transferencia de los resultados de investigación, innovación y desarrollo, con especial interés en:

- Artículos originales: incluye trabajos inéditos que puedan ser de interés para los lectores de la revista.
- Casos Clínicos: informe excepcional, raro, infrecuente que irá acompañado de una revisión del estado del arte 3.
- Comunicaciones Especiales: manuscritos de formato libre (documentos de consenso, formación continuada, informes técnicos o revisiones en profundidad de un tema) que se publicarán habitualmente por invitación.
- Análisis y opiniones de expertos de reconocido prestigio nacional e internacional sobre educación médica.
- Abarcará todos los niveles de la educación médica y de los profesionales de las ciencias de la salud, desde el pregrado y posgrado hasta la formación continua, con el fin de analizar las experiencias y estimular nuevas corrientes de pensamiento en el campo de la educación médica. Servirá como un foro de innovación en la disciplina de educación médica, con el mayor rigor académico posible.



## EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



**Contacto:** Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

**Teléfono:** 0998235485

**Publicación:**

**w:** [www.cienciadigital.org](http://www.cienciadigital.org)

**w:** [www.cienciadigitaleditorial.com](http://www.cienciadigitaleditorial.com)

**e:** [luisefrainvelastegui@cienciadigital.org](mailto:luisefrainvelastegui@cienciadigital.org)

**e:** [luisefrainvelastegui@hotmail.com](mailto:luisefrainvelastegui@hotmail.com)

**Director General**

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. <sup>1</sup>

*"Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado".*

**Albert Szent-Györgyi**

---

<sup>1</sup> Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Conciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 60 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, una patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV- 18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo Ciencia digital, Conciencia digital, Visionario digital, Explorador digital, Anatomía digital y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara ecuatoriana del libro, director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063.

## PRÓLOGO

El desciframiento del genoma humano es el símbolo de esta nueva etapa, que mezcla las utopías de la ciencia con la realidad médica.

La práctica de una Medicina científica técnicamente rigurosa y, al mismo tiempo, humana, me trae la imagen de innumerables doctores a través de los años. La integridad moral del insigne médico, científico y humanista es el mejor ejemplo a seguir. “no hay enfermedades sino enfermos”, si bien esta sentencia de genial clarividencia parece haber sido emitida con anterioridad por el eminente fisiólogo Claude Bernard. Su interés por todo lo que rodea al ser humano con espíritu renacentista, su capacidad de llevar a la práctica sus conocimientos y su buena disposición comunicativa lo han convertido en paradigma del galeno completo. Marañón es una de las mentes más brillantes del siglo XX, un espíritu humanístico singular, una referencia indiscutible e inalcanzable. No es fácil en estos tiempos desmemoriados y frívolos continuar por la luminosa senda que dejó abierta. Sirva de faro orientador esta figura clave de la historia de la Medicina y del Humanismo Médico, especialmente a quienes ignoran o desdeñan el pasado y se pierden en las complejidades del presente. Anatomía Digital, es editada por la editorial de prestigio Ciencia Digital, Ecuador tiene una periodicidad trimestral, acepta el envío de trabajos originales, en castellano, portugués e inglés para la aceptación y publicación de artículos científicos relacionados con las Ciencias de la Salud, orientada a la transferencia de los resultados de investigación, innovación y desarrollo, Abarcará todos los niveles de la educación médica y de los profesionales de las ciencias de la salud, desde el pregrado y posgrado hasta la formación continua, con el fin de analizar las experiencias y estimular nuevas corrientes de pensamiento en el campo de la educación médica. Servirá como un foro de innovación en la disciplina de educación médica, con el mayor rigor académico posible.

# Índice

1. Buenas prácticas de enfermería en la prevención de neumonías asociadas a la ventilación mecánica en hospitales de tercer nivel de América Latina

(Indira Anabel Sánchez Estrada, María Humbelina Olalla García)

06-25

---

2. Virtopsia: la imagen del crimen. Artículo de revisión

(Bryan Paul Costales Montalvo, Fabiola Robalino Larrea)

26-47

---

3. Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D

(Angie Giovanna Carballo Aguilar, Jefferson Omar Coyago Cholango, David Gerardo Carrillo Vaca)

48-68

---

4. Restricción calórica y miméticos en el envejecimiento

(Kevin Paúl Díaz Núñez, Andrea Carolina Cevallos Teneda)

69-88

---

5. Endodoncia regenerativa aplicada: cirugía periapical y selle de perforación radicular con A-PRF y terapia fotodinámica. Reporte de caso

(Juan Antonio Soto Zumbana, Rafael Bernardo Piedra Andrade, Miguel Alberto Lugo Pinto, Felipe Guido Rodríguez Reyes)

89-101

---

6. Determinación de Escherichia coli / Coliformes spp. en ceviches de balde del mercado El Arenal en la ciudad de Cuenca, febrero 2024

(Sthefany Alexandra Cando Duchitanga, Lizbeth Ivonne Daza Vélez, Silvia Monserrath Torres Segarra)

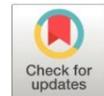
102-117

---

## Buenas prácticas de enfermería en la prevención de neumonías asociadas a la ventilación mecánica en hospitales de tercer nivel de América Latina

*Good nursing practices in the prevention of pneumonia associated with mechanical ventilation at third level hospitals in Latin America*

- <sup>1</sup> Indira Anabel Sánchez Estrada  <https://orcid.org/0009-0003-1551-1890>  
Universidad Estatal de Bolívar (UEB), Guaranda, Ecuador.  
Maestría en Salud Pública  
[anabel.sanchez@ueb.edu.ec](mailto:anabel.sanchez@ueb.edu.ec)
- <sup>2</sup> María Humbelina Olalla García  <https://orcid.org/0000-0002-8358-9273>  
Universidad Estatal de Bolívar (UEB), Guaranda, Ecuador.  
[molalla@ueb.edu.ec](mailto:molalla@ueb.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/12/2024

Revisado: 15/01/2025

Aceptado: 27/02/2025

Publicado: 03/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3373>

Cítese: Sánchez Estrada, I. A., & Olalla García, M. H. (2025). Buenas prácticas de enfermería en la prevención de neumonías asociadas a la ventilación mecánica en hospitales de tercer nivel de América Latina. *Anatomía Digital*, 8(2), 6-25. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3373>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



**Palabras claves:**

buenas prácticas,  
infección, paciente,  
respiración artificial.

**Resumen**

**Introducción:** Las Neumonías Asociadas a la Ventilación Mecánica (NAVM), son las infecciones nosocomiales de mayor prevalencia en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI). Para su prevención, las buenas prácticas de enfermería resultan indispensables. **Objetivo:** realizar una revisión sistemática sobre buenas prácticas de enfermería en la prevención de infecciones nosocomiales asociadas a la ventilación mecánica, y evaluar la efectividad de su implementación, en hospitales de tercer nivel en América Latina. **Metodología:** se realizó una revisión sistemática de estudios publicados entre los años 2019 y 2024. El proceso de búsqueda se realizó en las bases de datos Scielo, LILACS y Redalyc y permitió seleccionar 10 artículos, de 6 países de Latinoamérica, cuyas muestras fueron pacientes pediátricos, adultos y adultos mayores. **Resultados:** en los pacientes pediátricos se aplica un paquete de intervenciones que pone énfasis en el mantenimiento de la higiene bucal y la elevación del cabecero de las camas. Estas intervenciones se conciben también en pacientes adultos y adultos mayores. En los estudios en población adulta, aunque no se logra una adhesión total a las intervenciones implementadas, se observa una reducción del riesgo de neumonías y de los días de estancia hospitalaria. **Conclusiones:** los paquetes de intervención de enfermería, que se aplican en las UCI de América Latina, en atención de pacientes con NAVM, coinciden en incluir como principales acciones de cuidados de enfermería, las medidas de higiene bucal, la elevación del cabecero y la observancia de los protocolos para la aspiración endotraqueal. **Área de estudio general:** medicina. **Área de estudio específica:** unidad de cuidados intensivos. **Tipo de estudio:** Revisión Bibliográfica

**Keywords:**

Good practices,  
infection, patient,  
artificial respiration

**Abstract**

**Introduction:** Ventilator-Associated Pneumonia (VAP) is the most prevalent nosocomial infection in Intensive Care Units (ICU). Good nursing practices are essential for its prevention. **Objective:** to conduct a systematic review of good nursing practices in the prevention of nosocomial infections associated with mechanical ventilation, and to evaluate the effectiveness of its implementation in third-level hospitals in Latin America.

---

**Methodology:** a systematic review of studies published between 2019 and 2024 was conducted. The search process was conducted in the Scielo, LILACS and Redalyc databases and allowed the selection of 10 articles from 6 Latin American countries, whose samples were pediatric patients, adults, and older adults. **Results:** a package of interventions is applied in pediatric patients that emphasizes maintaining oral hygiene and raising the head of the bed. These interventions are also conceived for adult and older adult patients. In studies in the adult population, although full adherence to the implemented interventions is not achieved, a reduction in the risk of pneumonia and in the length of hospital stay is observed. **Conclusions:** the nursing intervention packages, which are applied in the ICUs of Latin America, in the care of patients with VAP, coincide in including as main nursing care actions, oral hygiene measures, elevation of the head of the bed and observance of protocols for endotracheal aspiration. **General Area of Study:** Medicine. **Specific area of study:** Intensive care unit. **Type of study:** Bibliography Review.

---

## 1. Introducción

La Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica (NAVVM) constituye una de las infecciones nosocomiales de mayor incidencia en UCIS a nivel mundial (1). Clasifica dentro de las Infecciones Asociadas a la Atención en Salud (IAAS) dado que el paciente no la presenta al momento de su entrada al hospital, ni se encuentra en proceso de incubación.

La NAVVM es una infección del tracto respiratorio inferior que evoluciona al menos 48 horas después de la intubación endotraqueal o en las primeras 48 horas de la extubación (2). Al ser la ventilación mecánica un tratamiento de soporte vital de uso habitual en las ucis, las neumonías asociadas a este tratamiento invasivo son bastante frecuentes.

Las NAVVM pueden ser originadas por factores internos y externos. Entre los factores externos constan el manejo inadecuado de equipos y materiales y el incumplimiento de las normas de bioseguridad por los profesionales de la salud (3). Es comprensible, entonces, que la NAVVM represente un desafío clínico que pondera, entre otras acciones,

la necesidad de mantener la vigilancia epidemiológica, cumplimiento de los protocolos de prevención de infecciones y la capacitación continua del personal de salud (4).

Es una patología compleja pero prevenible desde el quehacer del personal sanitario, especialmente, del personal de enfermería. A decir de (5) el papel de los enfermeros resulta decisivo en la prevención de NMVA por ser estos los profesionales que prestan la atención directa a los pacientes y los que manipulan los sistemas de ventilación mecánica.

En consecuencia es crucial que las enfermeras y enfermeros realicen un manejo correcto de la ventilación mecánica, que eleven el conocimiento relacionado con la prevención de infecciones, dominen las técnicas de aspiración de secreciones, usen barreras de protección y hagan uso adecuado del lavado de mano y la bioseguridad, de manera general (6). En otros estudios (3, 7, 8), como buenas prácticas del personal de enfermería en la prevención de NAVM, se pondera la elevación del cabecero de las camas, la higiene bucal, la evaluación de la sedación diaria y la realización de terapia respiratoria.

Otros autores (9, 10), previo desarrollo de programas de intervención, han comprobado la efectividad de la aplicación de paquetes de medidas en la prevención de neumonía en pacientes con ventilación mecánica.

A pesar de ello, son escasos los informes que dan cuenta de la totalidad de prácticas de enfermería que es posible aplicar en la prevención de NAVM. Los estudios, generalmente, se dirigen a la caracterización del diagnóstico clínico y a las condicionantes de las infecciones nosocomiales asociadas a ventilación mecánica, sin evaluar el quehacer preventivo de los profesionales de enfermería.

Ante tal vacío en la literatura científica, resulta relevante conocer ¿Cuáles son las prácticas de enfermería que contribuyen a la prevención de infecciones nosocomiales asociadas a la ventilación mecánica, en hospitales de tercer nivel en América Latina?

La prevención de esta infección no es posible mediante la práctica de una medida aislada o un número reducido de ellas. El presente estudio permitirá identificar las buenas prácticas de enfermería que se emplean en UCIs de América Latina para prevenir la NAVM y, en consecuencia, permitirá realizar una valoración crítica del uso las mismas, en cada UCI de la región.

La NAVM está presentes en países de todos los continentes, llegando a alcanzar a la cuarta parte de los pacientes que ingresan en cuidados intensivos (11). A decir de (4) infección afecta entre el 20 y el 50 % de los pacientes sometidos a ventilación mecánica, provocando un aumento significativo en la morbilidad y en los costos de atención médica. Basados en estadísticas recientes (12) reportan que en Latinoamérica la tasa de neumonía asociada a ventilación mecánica es 10 veces mayor que en países desarrollados, alcanzando 11.47 por cada 1,000 días de ventilación.

Varios estudios (13, 14, 15) dan cuenta de la significativa incidencia de las infecciones nosocomiales, relacionadas con la ventilación mecánica, en hospitales de tercer nivel de América Latina. Según describe (11) en Colombia el 50% de los pacientes en UCI contraen neumonía relacionada con la respiración ventilada y México y Chile, por su parte, reportan un incremento de la estancia hospitalaria y de los costos de atención derivado de la NAVM.

Esta situación requiere un mayor énfasis, por parte del personal de enfermería, en la prevención de este tipo de complicaciones. Al explorar el conocimiento y la práctica clínica de profesionales de enfermería en países del área de estudio, en Bolivia destacan las deficiencias relacionadas con la manipulación del ventilador mecánico (16). En México por su parte (17) reporta prácticas inadecuadas en el uso de barreras de protección, la higiene bucal, el lavado de las manos y el dominio de técnicas de aspiración y del protocolo de prevención en sentido general.

Ello explica la necesidad de que se implementen programas de prevención en las ucis que permitan conocer y extender las buenas prácticas en la prestación de cuidados de enfermería.

En consecuencia, el presente estudio se propone como objetivo general: realizar una revisión sistemática de la literatura sobre prácticas de enfermería en la prevención de infecciones nosocomiales asociadas a la ventilación mecánica, en hospitales de tercer nivel en América Latina.

Objetivos específicos:

Identificar estudios que muestren las prácticas de enfermería empleadas en la prevención de infecciones nosocomiales asociadas a la ventilación mecánica, en hospitales de tercer nivel en América Latina.

Explicar los hallazgos y aspectos más relevantes dentro de los estudios elegidos, acerca de prácticas de enfermería empleadas en la prevención de infecciones nosocomiales asociadas a la ventilación mecánica, en hospitales de tercer nivel en América Latina.

## 2. Metodología

La utilización de la metodología PICO permitió estructurar la pregunta orientadora que constituyó la guía de la revisión sistemática.

Pregunta orientadora: ¿Cuáles son las buenas prácticas de enfermería que contribuyen a la prevención de infecciones nosocomiales en pacientes con ventilación mecánica, en ucis de hospitales de tercer nivel de América Latina?

Componentes metodología PICO:

Paciente o población objetivo (P): pacientes con ventilación mecánica, en ucis de hospitales de tercer nivel en América Latina

Intervención (I): buenas prácticas de enfermería

Resultados esperados (O, outcomes): prevención de infecciones nosocomiales

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos Scielo, LILACS y Redalyc. Para la misma se consideraron los siguientes criterios de inclusión: artículos científicos, con libre acceso, que aborden los cuidados de enfermería en la prevención de infecciones nosocomiales asociadas a la ventilación mecánica en ucis; publicados entre 2019 y 2024; en idiomas español, portugués e inglés y que las muestras pertenezcan a instituciones de salud de tercer nivel en América Latina.

Se consideró el empleo como descriptores o palabras claves de las siguientes: neumonía (Pneumoniae), infección hospitalaria (Cross Infection), ventilación mecánica (mechanical ventilation), cuidados de enfermería (nursing care) y Unidades de Cuidados Intensivos (Intensive Care Units), como descriptores y como texto en los campos de registro del título y el resumen, conformando la sintaxis de búsqueda final mediante los operadores booleanos de AND, OR, NOT.

### 3. Resultados

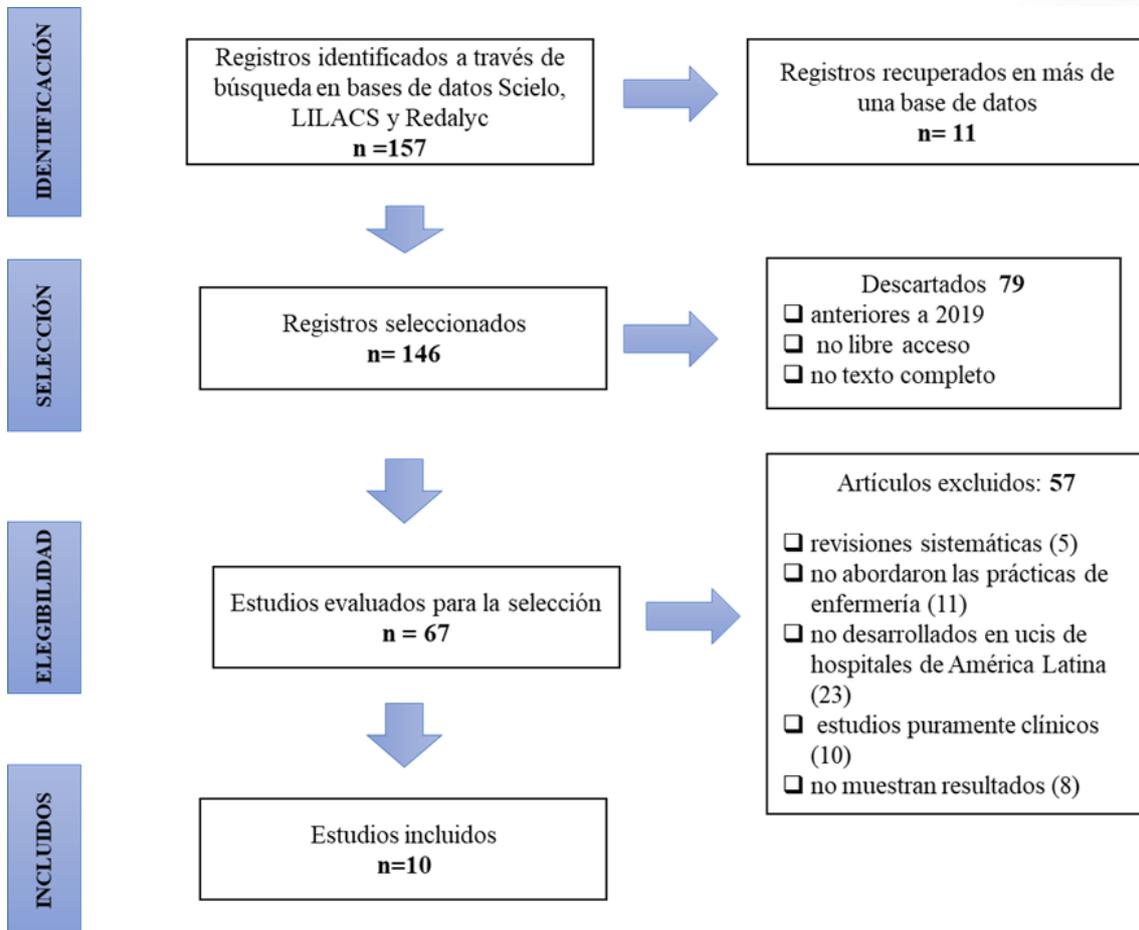
La búsqueda inicial, en todas las bases de datos, permitió identificar 157 registros. De ellos quedaron 146 para el proceso de selección, pues 11 registros fueron identificados en más de una base de datos. De los 146 registros disponibles en el proceso de selección, 79 registros quedaron descartados, al aplicar los siguientes filtros en el proceso de búsqueda:

- Artículos científicos
- Publicados entre 2019 y 2024
- Libre acceso
- Idiomas: español, portugués e inglés

Tras el descarte se procedió a la lectura del título y resumen de los 67 estudios restantes. Al tener en cuenta el resto de los criterios de inclusión, se excluyeron 57 artículos por no desarrollarse en el área de Latinoamérica, por no abordar las prácticas de enfermería, por tratarse de revisiones sistemáticas, por constituir estudios puramente clínicos o por no mostrar resultados.

Finalmente, se incluyeron 10 estudios que abordan la neumonía asociada a la ventilación mecánica y refieren prácticas clínicas de enfermería y organizativas dirigidas a garantizar la seguridad del paciente. La pertenencia de los estudios seleccionados a las bases de datos en las que se realizó la búsqueda fue la siguiente: Scielo (4 estudios), LILACS (2

estudios) y Redalyc (4 estudios). Los pasos realizados durante el proceso de búsqueda y selección de los estudios se muestran en la **figura 1**.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la selección de los estudios

En la **tabla 1** por su parte, se describen los estudios incluidos en la revisión sistemática en cuanto a autores, año de publicación, títulos y países de procedencia.

**Tabla 1.** Estudios incluidos en la revisión sistemática (2019-2024)

No.	Título/País	Autor/Año	Muestra	Metodología	Resultados
1	Infecciones nosocomiales en adulto mayor. Cuidados de Enfermería. (Ecuador)	Lam-Vivanco et al. (2021) (3)	Historias clínicas de 25 adultos mayores	Cuantitativo. Descriptivo. No experimental de tipo transversal	El 16% de las infecciones nosocomiales lo constituyeron neumonías asociadas al ventilador mecánico.

**Tabla 1.** Estudios incluidos en la revisión sistemática (2019-2024) (continuación)

No.	Título/País	Autor/Año	Muestra	Metodología	Resultados
					A pesar de no estar protocolizados, fueron realizados los cuidados de enfermería (cabecero elevado, prevención de úlcera gástrica, evaluación de la sedación diaria, terapia respiratoria, aspiración endotraqueal y fijación del tubo endotraqueal).
2	Aplicación del bundle de prevención de neumonías en UCI pediátrica. (Brasil)	Vargas & Souza (2021) (7)	307 pacientes pediátricos (28 días y 12 años)	Cuantitativo, descriptivo y cuasiexperimental	La aplicación del bundle de prevención (cabecero elevado, prevención de úlcera gástrica, higiene bucal, evaluación de la sedación diaria) incide en la disminución de la incidencia de neumonías y en el tiempo medio de uso del ventilador.
3	Efectividad de la hiperinsuflación manual como técnica de fisioterapia respiratoria en neumonía nosocomial post ventilación mecánica en pacientes de 40 a 64 años en área de UCI del hospital Teodoro Maldonado	Heredia et al. (2023) (8)	537 pacientes con diagnóstico de neumonía nosocomial usando técnica hiperinsuflación manual.	Cuantitativo. No experimental. Descriptivo observacional y transversal.	La técnica de hiperinsuflación es 10% más efectiva y que el drenaje y acorta la estancia hospitalaria.

**Tabla 1.** Estudios incluidos en la revisión sistemática (2019-2024) (continuación)

No.	Título/País	Autor/Año	Muestra	Metodología	Resultados
4	Carbo desde el año 2020 a 2022. (Ecuador)	IESS	575 profesionales de la salud (médicos, enfermeros, kinesiólogos, radiólogos, nutricionistas) niños con CVC, SV y/o en asistencia respiratoria mecánica (ARM) (de 6 meses a 16 años) durante 2019	Cuantitativo. Cuasiexperimental (antes-después) de intervención con análisis de series temporales (prospectivo).	Las estrategias destinadas a modificar prácticas y conductas en los profesionales de la salud, junto a los procesos de registros y monitoreo, aumentaron la efectividad en la prevención de infecciones intrahospitalarias. Post intervención, se registra una disminución la tasa de neumonías asociadas a la ventilación mecánica y de la utilización de los dispositivos, evitando prolongar su uso innecesario.
5	Estrategias para disminuir infecciones en terapia intensiva pediátrica polivalente. (Argentina)	Fortini (2021) (9)	profesionales de enfermería y auxiliares de enfermería). tomaron datos de 171 pacientes.	Cuantitativo. Cuasiexperimental pre y posintervención educativa.	Se redujo la incidencia de NAV en los adultos conectados a ventilador en UCI.
	Impacto de una intervención educativa dirigida al personal de enfermería sobre los cuidados de higiene oral en la incidencia de neumonía asociada a ventilador en adultos en	Sánchez et al. (2021) (10)			

**Tabla 1.** Estudios incluidos en la revisión sistemática (2019-2024) (continuación)

No.	Título/País	Autor/Año	Muestra	Metodología	Resultados
	Unidad de Cuidado Intensivo. (Colombia)				
6	Conocimiento y prácticas del profesional de enfermería sobre prevención de neumonía asociada a ventilación mecánica. (Ecuador)	Granizo et al. (2020) (17)	22 enfermeros	Cuantitativo. No experimental descriptivo y transversal.	No Se identificó un adecuado y conocimiento teórico y desempeño práctico del personal de enfermería en la atención al paciente crítico ventilado
7	Neumonía asociada a la ventilación mecánica en la Unidad de cuidados intermedios. (Cuba)	Montiello et al. (2023) (18)	73 pacientes que desarrollaron una neumonía asociada a la ventilación mecánica.	Cuantitativo. No experimental. Observacional, descriptivo, transversal	Las neumonías asociadas a la ventilación mecánica fueron más frecuentes en pacientes masculinos mayores de 60 años. La mitad de los pacientes egresaron fallecidos
8	Implementación de medidas preventivas de las Infecciones Asociadas a la Atención de Salud (IAAS) en un departamento de cuidados intensivos. (Paraguay)	Ozuna et al. (2019) (19)	Se revisaron 300 historias clínicas de pacientes pediátricos.	Cuantitativo. No experimental. Descriptivo, observacional, retrospectivo de corte trasversal con componente analítico	Las medidas implementadas (elevación del cabecero, higiene bucal, higiene de las manos y aspiración endotraqueal) contribuyeron a la disminución de la neumonía asociada al ventilador.
9	Buenas prácticas en la prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica. (Brasil)	Alecrim et al. (2019) (20)	La recolección de datos 92 pacientes a través de consulta de archivos.	Cuantitativo. No experimental, descriptivo cohorte prospectivo.	A mayor adhesión a las medidas de buenas prácticas (elevación del cabecero, higiene bucal, evaluación de la sedación diaria y uso de tubos

**Tabla 1.** Estudios incluidos en la revisión sistemática (2019-2024) (continuación)

No.	Título/País	Autor/Año	Muestra	Metodología	Resultados
10	Buenas prácticas de enfermería a pacientes en ventilación mecánica invasiva en emergencia hospitalaria. (Brasil)	dos Santos et al. (2020) (21)	16 enfermeros de la emergencia general de un hospital de la región Sur de Brasil.	Estudio cualitativo y descriptivo.	endotraqueales con balón manteniendo la adecuada insuflación del balón), menor riesgo de Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica. Los enfermeros consideraron como buenas prácticas, para pacientes con ventilación mecánica invasiva, 13 cuidados, relacionados con el tubo endotraqueal, el ventilador y circuito, la prevención de la broncoaspiración, el control de infección y la sedación, la analgesia/el sueño, la vigilia/dolor.

### 3.1. Características generales de los estudios

De los 10 estudios incluidos, los países con mayor representación fueron Brasil y Ecuador con 3 estudios cada uno. Argentina, Cuba, Colombia y Paraguay también estuvieron representados. Respecto a las muestras, se trabajó con muestras pediátricas (7, 9, 20) y adultas. Dos estudios (18, 22) indagaron sobre las buenas prácticas en la prevención NAVM a través la percepción y el conocimiento del personal de enfermería y se presentó un estudio (10) en el cual el conocimiento mostrado por los enfermeros y la evolución de los pacientes permitieron constatar la efectividad de una intervención educativa dirigida al personal de enfermería. Dicha intervención se centró en la incidencia de los cuidados de higiene oral en la prevención de NAVM.

El tamaño de las muestras fue variable. Los estudios cuyas muestras estaban constituidas por profesionales de la salud, esencialmente enfermeros, utilizaron tamaños de muestras variables que van desde 16 hasta 575 profesionales. En los estudios dirigidos a pacientes pediátricos el tamaño de las muestras fue más homogéneo, con valores de 300 a 307. Los estudios centrados en pacientes adultos, por su parte, mostraron los valores muestrales que variaron desde 25 hasta 537 pacientes.

Se observa una prevalencia de estudios cuantitativos, con diseños no experimentales y fines descriptivos, 6 de los 10 estudios incluidos. Tres estudios tuvieron diseños cuasiexperimentales (7, 9, 10) y sólo uno respondió al enfoque cualitativo de investigación (22).

### 3.2. Buenas prácticas para prevenir las neumonías asociadas a la ventilación mecánica en hospitales de tercer nivel en América Latina

La lectura crítica de los estudios seleccionados permitió identificar las prácticas de enfermería mayormente concebidas en la prevención de infecciones nosocomiales, en ucis de hospitales de tercer nivel de América Latina. En la **tabla 2** se exponen las prácticas identificadas, en orden de prevalencia, y los estudios que las tuvieron en consideración.

**Tabla 2.** Evidencia Científica de las buenas prácticas en la prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica

	Buenas prácticas	Estudios
1	Elevar el cabecero de la cama	1, 2,3,5,7,8,9,10
2	Higiene bucal regular con clorhexidina	1,2, 4,5,8,9,10
3	Evaluación de la sedación diaria	1,2,3,9,10
4	Higiene de las manos	1,2,5,8,10
5	Prevención de úlcera gástrica	1,2,3,7
6	Realización correcta de la aspiración endotraqueal	5,7,8,10
7	Uso de tubos endotraqueales manteniendo la adecuada insuflación del balón	2,5,9,10
8	Control constante de parámetros del ventilador mecánico	3,5,10
9	No traslados innecesarios	2,7
10	No volúmenes gástricos excesivos	2,5
11	Fijación de tubo endotraqueal	3,10
12	Uso de terapia respiratoria	3,6
13	Cambios de circuito del ventilador	5,10

La elevación del cabecero de la cama y la higiene bucal con clorhexidina figuran como las prácticas de enfermería mejor valoradas en la prevención de infecciones nosocomiales. Se observa un consenso en que la elevación adecuada del cabecero de la cama, para estos pacientes, debe ser entre 30 y 45°.

En cuanto al uso de la clorhexidina para el mantenimiento de la higiene bucal, sólo dos observaciones relacionadas con los niveles de clorhexidina a utilizar y la frecuencia de uso. La mayoría de los estudios que tienen en consideración esta práctica (8, 9, 22) sugieren el uso del 0.12 %, (10, 18) ofrecen un rango de 0.12% a 0.2%, mientras que (7) y (20) no especifican los niveles a usar. Por su parte sólo (21) ofrece recomendaciones de frecuencia de higiene bucal con clorhexidina, en este caso recomienda tres frecuencias diarias.

La higiene de las manos constituye una medida clave, del personal de enfermería, en la prevención de NAVM. Es una práctica tenida en consideración en el 50% de los estudios. Significar que (7, 9) especifican que debe realizarse en cinco momentos protocolizados: antes del contacto con el paciente, antes de realizar tarea aséptica, después del contacto con fluidos corporales, después del contacto con el paciente y después del contacto con el entorno.

La realización correcta de la aspiración endotraqueal y el uso de tubos endotraqueales, con una adecuada insuflación del balón, constituyen otras prácticas de enfermería que destacan en la prevención de infecciones nosocomiales. En relación con ellas, sólo hay que destacar que, como adecuada insuflación, (9) considera una presión de 20 a 25 cmH<sub>2</sub>O mientras (18, 21, 22) asumen una presión de hasta 30 cmH<sub>2</sub>O.

Mantener un control constante de los parámetros del ventilador, la fijación del tubo endotraqueal y los cambios de circuito del ventilador son prácticas de enfermería concebidas en algunos estudios (3, 18, 22). De igual manera otros autores (8, 9, 18, 19) consideran importante evitar los traslados innecesarios, los volúmenes gástricos excesivos y realizar terapia respiratoria.

La efectividad de las intervenciones descritas (9, 10, 21) constatan que a mayor adhesión, de los profesionales de enfermería, a las buenas prácticas de prevención menor es el riesgo de NAVM.

Desde la percepción de los profesionales de enfermería sobre el deber ser en la prevención de NAVM, hay que destacar el estudio realizado por (22), con el propósito de identificar los cuidados concebidos como buenas prácticas. En este caso, se consideraron un total de 13 cuidados como buenas prácticas, en pacientes con ventilación mecánica invasiva. Constan, entre ellas, prácticas relacionadas con el tubo endotraqueal, con el ventilador y circuito, con la prevención de la broncoaspiración, el control de infección y la sedación, la analgesia/el sueño, la vigilia/dolor.

De manera general, todos los estudios consideran modificables los factores de riesgo externos que originan NAVM y, lo más importante, prevenibles desde la puesta en práctica de protocolos de atención específicos. La educación del personal de enfermería, en cuanto a la adherencia a buenas prácticas, y la vigilancia epidemiológica constituyeron ejes centrales en la prevención de NAV.

#### 4. Discusión

En los estudios con muestras de pacientes pediátricos (7, 9, 20) la implementación del paquete de medidas incidió en el descenso significativo del número de pacientes que desarrollaron NAVM y en el tiempo de hospitalización. En el estudio de (7) se reporta,

además, que desciende el tiempo de ventilación mecánica; el consumo de antibióticos y de los costos de los servicios de salud.

Estos resultados coinciden con los encontrados por (23), en una exhaustiva revisión, donde se aprecia que el uso de paquetes de cuidados de enfermería que incluyen acciones para el mantenimiento de la higiene bucal, empleando clorhexidina al 0,12%, acompañado por la elevación del cabecero de la cama y buenas prácticas en el uso del tubo endotraqueal que favorecen la prevención de infecciones relacionadas con el empleo de respiración asistida. No obstante, los resultados sugieren la necesidad de incorporar otras acciones inherentes a buenas prácticas en los cuidados de enfermería como el cumplimiento de los protocolos para el aseo de las manos y las acciones de capacitación del personal de enfermería.

Entre los estudios que exponen resultados de intervenciones educativas, (10) se centran en los cuidados de higiene bucal y reportan que la adhesión de los enfermeros a esta práctica incide de manera positiva en la evolución de los pacientes. Los estudios (21, 22) conciben paquetes más completos en cuanto a cuidados de enfermería.

Aunque ningún estudio reporta adhesión total a las intervenciones implementadas, en los dirigidos a pacientes adultos que reciben atención en UCI, se observa una reducción de los días de estancia hospitalaria (8, 18). El incremento de la adhesión al conjunto de las buenas prácticas enfermeras implementadas en la UCI se expresó en una reducción del riesgo de neumonías, en pacientes con ventilación asistida (21). Estos resultados coinciden con los reportados por (24) quienes encontraron, en una revisión sistemática, que el cumplimiento global de un paquete de enfermería tiene una incidencia positiva al reportar decrecimiento en el total de pacientes con NAV, así como reducción en los días de hospitalización.

También se reporta eficacia en los programas de capacitación encaminados a lograr buenas prácticas de enfermería (10). Ello coincide con los resultados de (24) quienes, como resultado de una revisión sistemática, reportan que las intervenciones educativas, dirigidas a objetivos específicos, pueden disminuir las tasas de neumonía asociada al ventilador.

De los estudios revisados (10, 18, 21) coinciden con (24) en la importancia y efectividad de las medidas de higiene bucal, elevación del cabecero y la observancia de los protocolos para la aspiración en pacientes con NAV. Por su parte los estudios en población adulto mayor (3, 19) evidencian que junto a la administración de medicamentos, los cuidados de enfermería potencian el empleo de la terapia respiratoria.

#### 4.1. Limitaciones

Constituyen limitaciones de esta revisión sistemática:

La inclusión de estudios que describen intervenciones efectivas, sin diseñar etapas de seguimiento para las mismas.

La inclusión de estudios centrados en un solo proceder preventivo de NAVM como la higiene bucal y la terapia respiratoria.

La utilización de instrumentos autoinformes para conocer el conocimiento y proceder práctico del personal de enfermería en la prevención de NAVM en ucis. Este aspecto puede restar validez y confiabilidad a los resultados que se exponen.

#### 4.2. Líneas futuras

Se justifica realizar otras revisiones donde la totalidad de estudios muestren resultados de paquetes de intervenciones y, de ser posible, que consideren una fase de seguimiento posterior a las intervenciones.

Los paquetes de intervenciones, con demostrada eficacia en la reducción de riesgos de NAVM y diseños cuasi-experimentales, deben ser promovidos y extrapolados a otros contextos.

### 5. Conclusiones

- Los paquetes de intervención que se aplican en las UCI de América Latina, en la atención de pacientes con neumonía asociada a la ventilación mecánica, coinciden en incluir como principales acciones de cuidados de enfermería las medidas de higiene bucal, la elevación del cabecero de las camas y la observancia de los protocolos para la aspiración endotraqueal.
- Aunque no se logra una adhesión total, las intervenciones implementadas favorecen la reducción de la estancia hospitalaria y la reducción del riesgo de neumonías en pacientes con ventilación asistida.
- Los resultados sugieren la necesidad de incorporar otras acciones relacionadas con buenas prácticas de enfermería, como el cumplimiento de los protocolos para el aseo de las manos y capacitación del personal de enfermería.

### 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

### 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

1. Abdalla JS, Albarrak M, Alhasawi A, Al-Musawi T, Alraddadi BM, Al Wali W, Kurdi A. Narrative review of the epidemiology of hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia in gulf cooperation council countries. *Infectious Diseases and Therapy* [Internet]. 2023 [citado el 5 de enero 2025]; 12(7): 1741-1773. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40121-023-00834-w>
2. Sethi S. Neumonía asociada con el respirador. *Manual MSD Versión para Profesionales* [Internet]. 2024 [citado el 5 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-pulmonares/neumon%C3%ADa/neumon%C3%ADa-asociada-con-el-respirador>
3. Lam-Vivanco A, Espinoza-Carrión F, Sotomayor-Preciado A, Santos-Luna J, Centeno-Sandoval M. Infecciones nosocomiales en adulto mayor. *Cuidados de Enfermería. Polo del Conocimiento* [Internet]. 2021 [05 de enero 2025]; 6(1): 1160–1174. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9292121>
4. Hernandez Valenzuela ME, Pérez Perdomo AI, Vera Brand TM, Aroka Daza AL, Rojas Camacho JP. Etiología bacteriana de la neumonía asociada a la ventilación mecánica durante el año 2020-2024 en la UCI de una institución hospitalaria de Neiva-Huila. *Ciencia Latina* [Internet]. 2024 [citado 5 de enero de 2025]; 8(4):1061-1078. Disponible en: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12343](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12343)
5. Montesinos CM, Antón R, Gascón C, Ruiz C, Gaspar O, Bueno JM. El papel de enfermería en la prevención de neumonía asociada a la ventilación mecánica. *Revista Sanitaria de Investigación* [Internet]. 2024 [citado 5 de enero 2025]; 5(4). Disponible en: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/el-papel-de-enfermeria-en-la-prevencion-de-neumonias-asociada-a-ventilacion-mecanica/>
6. Abad Ventura EJ. Conocimientos y prácticas del profesional de enfermería sobre la prevención de neumonía asociada a ventilación mecánica en la unidad de cuidados intensivos de un hospital nacional de Lima, 2024 [Tesis de Especialidad, Universidad Privada Norbert Wiener, Lima, Perú] [Internet]. 2024 [citado 05 de enero 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/425bd08c-b2b6-47f6-92f3-7a3e87954249>

7. Vargas Cardoso ME, de Souza A. Application of a pneumonia prevention bundle in a pediatric ICU. Revista de Enfermagem UFPE online [Internet]. 2021 [citado 5 de enero de 2025];15(1). Disponible en: <https://doi.org/10.5205/1981-8963.2021.245042>
8. Heredia M, De la Torre L, Grijalva I. Efectividad de la hiperinsuflación manual como técnica de fisioterapia respiratoria en neumonía nosocomial post ventilación mecánica en pacientes de 40 a 64 años en área de UCI del hospital Teodoro Maldonado Carbo- IESS desde el año 2020 a 2022. Revista Científica Ciencia y Avance [Internet]. 2024 [citado 5 de enero 2025]; 3(1). Disponible en: <https://www.htmec.gob.ec/revista/index.php/hetmc/article/view/56>
9. Fortini YV. Estrategias para disminuir infecciones en terapia intensiva pediátrica polivalente. Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica [Internet]. 2021 [citado 5 de enero 2025]; 34(2): 82-93. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=100547#>
10. Sánchez Peña M, Orozco Restrepo LA, Barrios Arroyave FA, Suárez Brochero OF. Impacto de una intervención educativa dirigida al personal de enfermería sobre el cuidado de la higiene bucal en la incidencia de neumonía asociada a la ventilación mecánica en adultos ventilados en la unidad de cuidados intensivos. Investigación y Educación en Enfermería [Internet]. 2021 [citado 5 de enero 2025]; 39(3). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.iee.v39n3e06>
11. Alcarraz Hassinger CJ. Intervenciones de enfermería con las buenas prácticas para la prevención de neumonía asociada con ventilador mecánico en los pacientes del servicio de cuidados intensivos [Tesis de Especialidad, Universidad Norbert Wiener, Perú, Ecuador] [Internet]. 2023 [citado 05 de enero 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/ab2ff194-bb06-47c5-bace-1a9d528e5631>
12. Rosenthal VD, Ruijie Y, Jin Z, Memish ZA, Abdulaziz S, Zuñiga MA, et al. International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC) report of health care- associated infections, data summary of 25 countries for 2014 to 2023, Surgical Site Infections Module. American Journal of Infection Control [Internet]. 2023 [citado 05 de enero 2025]. 52(10), 1144–1151. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2024.04.007>.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38604442/>
13. Arango A, López S, Vera D, Castellanos E, Rodríguez PH, Rodríguez MB. Epidemiología de las infecciones asociadas a la asistencia sanitaria. Acta Médica

- Centro [Internet]. 2018 [citado 5 enero 2025]; 12(3). Disponible en: <https://revactamedicacentro.sld.cu/index.php/amc/article/view/923>
14. Llanos-Torres KH, Pérez-Orozco R, Málaga G. Infecciones nosocomiales en unidades de observación de emergencia y su asociación con el hacinamiento y la ventilación. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública [Internet]. 2020 [citado 5 enero 2025]; 37(4): 721-725. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2020.v37n4/721-725/es>
  15. Bautista Mamani, J. Cuidados profesionales de enfermería en la prevención de neumonía asociada a la ventilación mecánica en la Unidad de Terapia Intensiva - Instituto Nacional de Tórax, Gestión 2020 [Tesis de especialidad, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia] [Internet]. 2021 [citado 05 de enero 2025]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25620>
  16. Pastrana C, Velázquez E, Zarate, R. Factores asociados al incumplimiento del protocolo de prevención de neumonías asociadas a la ventilación mecánica. Revista Iberoamérica de Educación e Investigación en Enfermería. [Internet]. 2022 [citado 05 enero 2025]; 12(3), 31-41. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9578782>
  17. Granizo WT, Jiménez MM, Rodríguez JL, Parcon M. Conocimiento y prácticas del profesional de enfermería sobre prevención de neumonía asociada a ventilación mecánica. Archivo Médico Camagüey [Internet]. 2020 [citado 05 enero 2025]; 24(1): 54-64. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v24n1/1025-0255-amc-24-01-e6531.pdf>
  18. Montiel Y, García A, Pedroso B C, Garín GM, Lemes AR, Madrigal L. Neumonía asociada a la ventilación mecánica en la unidad de cuidados intermedios. Acta Médica del Centro [Internet]. 2023 [citado 05 enero 2025]; 17(3): 504-513. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2709-79272023000300504&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2709-79272023000300504&lng=es)
  19. Ozuna MP, Delgadillo L, Jiménez J. Implementación de medidas preventivas de las Infecciones Asociadas a la Atención de Salud (IAAS) en un departamento de cuidados intensivos. Revista Científica Ciencias de la Salud [Internet]. 2019 [citado 05 enero 2025]; 1(2): 08-18. Disponible en: [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/10/1337797/ao\\_salud-2.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/10/1337797/ao_salud-2.pdf)
  20. Alecrim RX, Taminato M, Belasco AG, Barbosa D, Kusahara DM, Fram D. Good practice in the prevention of ventilator-associated pneumonia. Acta Paulista de

Enfermagem [Internet]. 2019 [citado 05 enero 2025]; 32(1):11-17. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1590/1982-0194201900003>

21. Dos Santos C, Pereira do Nascimento ER, Vieira PM, Gaffuri da Silva T, Guterres da Silva Galetto S, Cardoso da Silva NJ, et al. Buenas prácticas de enfermería a pacientes en ventilación mecánica invasiva en emergencia hospitalaria. Escola Anna Nery Revista de Enfermería [Internet]. 2020. [citado 05 enero 2025]; 24(2):1-7. Disponible en:  
<https://www.scielo.br/j/ean/a/JGF6Twsvmzj5wgrpBcVqxch/abstract/?lang=es>
22. Aguilera-Miranda JP, Paz C, González-Adonis FJ. Prevención de neumonías asociadas a ventilación mecánica en unidades de cuidados intensivos pediátricos. Benessere Revista de enfermería [Internet]. 2023 [citado 05 enero 2025]; 8(1):1-14. Disponible en:  
<https://revistas.uv.cl/index.php/Benessere/article/download/3820/3876/16719>
23. Rivera JC, Villavicencio KG, Valle DC, Moreno GE, Triviño PA. Neumonía asociada a la ventilación mecánica. Una revisión Bibliográfica. Ciencia Latina [Internet]. 2022 [citado 05 enero 2025]; 6(4), 5929-5941. Disponible en:  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1988-348X2021000300010&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2021000300010&lng=es)
24. Sánchez-Peña MK, Orozco LA, Suárez OF, Barrios FA. Asociación entre salud bucal, neumonía y mortalidad en pacientes de cuidado intensivo. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social [Internet]. 2020 [citado 05 enero 2025]; 58(4):468-476. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457768632014>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



#### Indexaciones



## Virtopsia: la imagen del crimen. Artículo de revisión

### *Virtopsy: the image of crime. Review article*

- <sup>1</sup> Bryan Paul Costales Montalvo  <https://orcid.org/0009-0008-3642-782X>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
Maestría en Criminalística y Ciencias Forenses  
[bpcostales.fsm@unach.edu.ec](mailto:bpcostales.fsm@unach.edu.ec)
- <sup>2</sup> Fabiola Robalino Larrea  <https://orcid.org/0009-0009-8932-4039>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[fabyrobalino@hotmail.com](mailto:fabyrobalino@hotmail.com)



#### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/01/2025

Revisado: 15/02/2025

Aceptado: 22/03/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3392>

Cítese: Costales Montalvo, B. P., & Robalino Larrea, F. (2025). Virtopsia: la imagen del crimen. Artículo de revisión. Anatomía Digital, 8(2), 26-47. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3392>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



**Palabras claves:**

Virtopsia,  
autopsia virtual,  
imagenología  
postmortem.  
tomografía  
computarizada  
postmortem.  
medicina forense  
digital.

**Resumen**

El desarrollo tecnológico ha cambiado diversas áreas, siendo la medicina forense una de las más favorecidas. Recientemente, las técnicas de imagen y radiología han transformado la investigación postmortem, ofreciendo opciones precisas y menos invasivas que la autopsia convencional. La resonancia magnética (RM) y la tomografía axial computarizada (TAC) se han consolidado como herramientas fundamentales en la evaluación de cuerpos, permitiendo obtener imágenes detalladas sin necesidad de procedimientos destructivos. Estas innovaciones han dado lugar a la virtopsia, una metodología que integra varias especialidades para mejorar la documentación y el análisis en el campo forense. **Objetivo.** Analizar el impacto de la virtopsia como una técnica novedosa en la medicina forense, identificando lesiones y alteraciones no observables, para el apoyo de diagnósticos científicos dentro del contexto judicial. **Metodología.** Este estudio se llevó a cabo como una revisión investigativa sintética analítica en base al uso de técnicas de imagenología en la medicina forense analizando ventajas, aplicaciones y progresos en los ámbitos judiciales. Se realizaron búsquedas en base de datos indexadas como Google académico y PubMed, para la gestión de las bibliografías se utilizó el software Zotero. **Resultados.** Se revisó un total de 25 artículos, donde se destacan temas relevantes sobre la virtopsia, la cual es una alternativa efectiva y complementaria a la autopsia tradicional, permitiendo un análisis detallado del cuerpo sin intervención invasiva y facilitando la recolección y almacenamiento de evidencia digital. **Conclusión.** La virtopsia constituye un cambio significativo en la medicina forense. Su naturaleza no invasiva, la capacidad de almacenar evidencia digital y su uso en cuerpos post mortem, así como en individuos vivos la hacen una herramienta invaluable para la investigación criminal. Con el avance de esta tecnología, es probable que la virtopsia se establezca como el método habitual para llevar a cabo autopsias en el futuro. **Área de estudio general:** Medicina. **Área de estudio específica:** Medicina Forense. **Tipo de estudio:** Artículo de revisión.

**Keywords:**

Virtopsy, virtual autopsy, postmortem imaging, postmortem computed tomography, digital forensic medicine

**Abstract**

**Introduction.** Technological development has changed various areas, with forensic medicine being one of the most favoured. Recently, imaging and radiology techniques have transformed post-mortem investigation, offering precise and less invasive options than conventional autopsy. Magnetic resonance imaging (MRI) and computed axial tomography (CAT) have become established as fundamental tools in the evaluation of bodies, allowing detailed images to be obtained without the need for destructive procedures. These innovations have given rise to virtopsy, a methodology that integrates several specialties to improve documentation and analysis in the forensic field. **Objective.** Analyze the impact of virtopsy as a novel technique in forensic medicine, identifying unobservable lesions and alterations, to support scientific diagnoses within the judicial context. **Methodology.** This study was conducted as a synthetic analytical research review based on the use of imaging techniques in forensic medicine, analyzing advantages, applications, and progress in judicial fields. Searches were performed in indexed databases such as Google Scholar and PubMed, and the Zotero software was used to manage the bibliographies. **Results.** A total of 25 articles were reviewed, highlighting relevant topics on virtopsy, which is an effective and complementary alternative to traditional autopsy, allowing a detailed analysis of the body without invasive intervention and facilitating the collection and storage of digital evidence. **Conclusion.** Virtopsy represents a meaningful change in forensic medicine. Its non-invasive nature, the ability to store digital evidence, and its use on post-mortem bodies as well as living individuals make it an invaluable tool for criminal investigation. With the advancement of this technology, it is likely that virtopsy will become established as the standard method for conducting autopsies in the future. **General Area of Study:** Medicine. **Specific area of study:** Forensic medicine. **Type of study:** Review article.

## 1. Introducción

Con el progreso de la tecnología en todo el mundo, en los últimos años las técnicas de radiología e imagen se han destacado en la medicina forense. En particular, aquellas vinculadas a la resonancia magnética y la tomografía axial computarizada, que se han empleado en este ámbito para llevar a cabo evaluaciones postmortem. Entre las técnicas aplicadas, también se incluyen la radiografía y el ultrasonido. Estas se distinguen por su naturaleza no invasiva, lo que significa que no hacen necesaria la inserción de instrumentos en el cadáver que puedan provocar alteraciones o destrucción de pruebas, salvo en los casos de angiografía, donde se introduce medio de contraste, que conlleva un riesgo mínimo. Además, la imagenología facilita el almacenamiento permanente de la información obtenida de los indicios en sus archivos, lo que las convierte en métodos preferidos para la documentación y el análisis de casos forenses (1). El término “virtopsia”, creado en 2003, proviene de la fusión de las palabras “virtual” y “autopsia” y se refiere a un enfoque multidisciplinario que incluye medicina forense, radiología, patología, física y biomecánica. Es relevante señalar que este método puede aplicarse no solo a cadáveres, sino también a personas vivas que hayan sido víctimas o incluso sospechosas (1) (2) (3).

## 2. Metodología

El presente artículo constituye una revisión bibliográfica narrativa, llevada a cabo mediante la búsqueda y selección de documentos de investigación científica. Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos indexadas, incluyendo PubMed, Google académico, se estableció un registro de base de datos que incluyó 17 artículos de Google académico, 8 de PubMed.

Para asegurar la relevancia y calidad de los estudios incluidos en la revisión, se aplicaron los siguientes criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos originales transversales (descriptivos y analíticos), revisiones bibliográficas narrativas y revisiones sistemáticas.
- Artículos redactados en inglés, español y portugués.

Criterios de exclusión:

- Artículos publicados en sitios web sin carácter científico.
- Artículos que no abordaran directamente la importancia de la virtopsia.
- Fuentes de artículos que no permitieran el acceso al texto completo.

Esta metodología estructurada permite la selección de literatura relevante y de alta calidad, proporcionando una base sólida para la construcción del artículo.

La selección de artículos se llevó a cabo en varias etapas, comenzando con la lectura de títulos y resúmenes para identificar estudios potencialmente relevantes, seguida de una revisión detallada del texto completo de los artículos seleccionados. La gestión bibliográfica se realizó utilizando el software Zotero. Esta metodología asegura una recopilación exhaustiva y rigurosa de la literatura existente sobre la virtopsia, proporcionando una base sólida para la síntesis de resultados y la formulación de conclusiones.

### 3. Resultados

La virtopsia, también conocida como autopsia virtual, es un procedimiento no invasivo o con mínima invasión para el examen post mortem que emplea tecnologías de imagen avanzadas como la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM) para registrar y analizar los descubrimientos de la autopsia. Este método busca complementar o sustituir de manera parcial las autopsias invasivas convencionales, que requieren la apertura del cuerpo. La técnica de virtopsia resulta especialmente útil en las investigaciones forenses, ya que facilita la documentación en tres dimensiones de los hallazgos tanto externos como internos, que pueden ser revisados por otros especialistas si es necesario. Además, este enfoque es independiente del investigador y objetivo, ofreciendo mejoras cualitativas en la patología forense (1) (3). La TC se usa especialmente para documentar sistemas de fracturas, acumulaciones de gas y lesiones en los tejidos, mientras que la RM es más eficaz para demostrar lesiones en los tejidos blandos y traumatismos en los órganos (1).

El proyecto de virtopsia que comenzó a finales de los años 90, une estas técnicas de imagen con el escaneo de superficies en 3D para elaborar una documentación forense completa. Este método ha sido reconocido en procesos legales en ciertas jurisdicciones, como Suiza, por su habilidad para ofrecer evidencia forense convincente (3). Asimismo, la angiografía post mortem y el muestreo de tejidos guiado por imágenes pueden incorporarse en el proceso de virtopsia para potenciar las capacidades de diagnóstico (4) (5) (6).

Si bien la virtopsia ha demostrado una alta relación con la autopsia tradicional para determinar la causa de muerte, puede ser no tan precisa para evaluar algunas patologías importantes. No obstante, ofrece una alternativa factible cuando se rechaza la autopsia convencional por razones culturales o personales (7) (8).

La virtopsia ofrece múltiples beneficios para el médico contemporáneo que contribuye a la búsqueda de justicia. Facilita la identificación de detalles que no se pueden observar en

un examen físico superficial, permite conocer el estado de los tejidos subcutáneos, y explorar mecanismos de lesión mediante reconstrucciones tridimensionales, entre otras muchas aplicaciones. Además, resguarda la salud del patólogo, ya que evita el contacto directo con fluidos, secreciones, gases tóxicos y fuentes de contaminación o propagación de virus y bacterias (2). Es fundamental tener presente que, en cualquier situación relacionada con la muerte, la familia de la víctima suele ser la que más sufre. En este sentido, la virtopsia posibilitaría el análisis de los tejidos blandos y el esqueleto facial sin necesidad de dañarlos. De este modo, se realiza menos manipulación del cadáver, permitiendo cumplir con rituales habituales tras el fallecimiento, como el velorio. Otra función relevante de este enfoque surge cuando, debido a razones religiosas o culturales, los familiares impiden la necropsia; sin embargo, las técnicas de imagen pueden proporcionar información para determinar la causa del deceso sin infringir los deseos de la familia (2). Entre sus principales beneficios se encuentra la posibilidad de realizar diagnósticos detallados sin intervenciones invasivas, utilizando tecnologías como la realidad aumentada y algoritmos de inteligencia artificial. Estas herramientas optimizan el análisis de datos, automatizan la detección de anomalías y mejoran la segmentación de órganos y tejidos, garantizando resultados más precisos y eficaces. Su aplicación también abarca la investigación médica, facilitando el estudio de enfermedades, patrones epidemiológicos y factores de riesgo, además de contribuir a una comprensión más completa de la genética y la herencia de patologías.

El efecto de esta tecnología es notable, no solo en el ámbito de la medicina forense, sino también en la investigación médica, al fusionar exactitud diagnóstica, sensibilidad cultural y progresos científicos. Se sugiere su incorporación con la autopsia tradicional, formando a los expertos en la utilización de estas herramientas avanzadas y fomentando estudios que disminuyan costos y aumenten su accesibilidad.

La implementación de la virtopsia puede mejorar significativamente la calidad de las investigaciones post mortem y los diagnósticos, facultando a los profesionales de la salud y la justicia para tomar decisiones más informadas y precisas. Esto representa un avance hacia prácticas más éticas, eficientes y ajustadas a las necesidades del país (9).

En esta revisión bibliográfica se examinarán las diferentes y principales aplicaciones de la virtopsia en la identificación de armas y personas, aclaración en los hechos y causas de muerte, así como en la reconstrucción 3D de los eventos. Estas herramientas permiten una correcta aplicación de la justicia, que es fundamentada en hechos científicos y verificables, y además posibilitan el almacenamiento de evidencias (2) (3).

### *3.1. Principios y características de la tomografía computarizada*

La Tomografía Computarizada (TC) juega un papel fundamental en la virtopsia, una técnica no invasiva de autopsia virtual que utiliza imágenes para la evaluación

postmortem. La TC es especialmente valiosa para la documentación y el análisis en dos y tres dimensiones de los hallazgos de autopsia, incluyendo sistemas de fracturas, colecciones patológicas de gas (como embolia aérea, enfisema subcutáneo tras trauma y efectos de descomposición) así como lesiones tisulares graves (4).

La TC Postmortem (PMCT) es más sensitiva en la detección de lesiones esqueléticas en comparación con la autopsia convencional o la Resonancia Magnética Postmortem (PMMRI), lo que la convierte en una herramienta esencial para complementar la autopsia tradicional en casos de trauma. Adicionalmente, la PMCT puede identificar heridas letales y localizar con precisión fragmentos metálicos en situaciones de heridas por arma de fuego, aunque puede subestimar la cantidad de trayectorias de heridas cuando estas se entrelazan (7) (10).

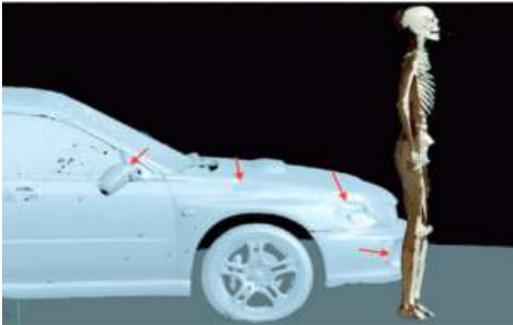
En el ámbito de la autopsia clínica, la PMCT ha mostrado ser efectiva para determinar la causa de muerte en una proporción considerable de casos, aunque su exactitud para evaluar los mecanismos patogénicos es restringida. La incorporación de la angiografía postmortem por TC multiphase podría aumentar la habilidad de la virtopsia para identificar enfermedades cardiovasculares, convirtiéndola en una alternativa viable a la autopsia médica en ciertos casos (11) (12).

### 3.2. Resonancia magnética y su uso en la virtopsia

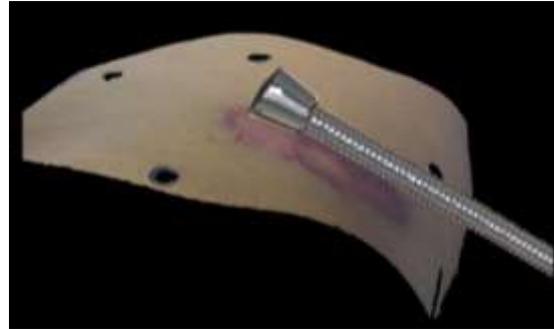
La Resonancia Magnética (RM) en el marco de la autopsia virtual se emplea principalmente como una herramienta no invasiva para la evaluación postmortem, posibilitando la visualización detallada de las estructuras internas sin requerir una autopsia convencional. En el área de procedimientos quirúrgicos, técnicas laparoscópicas, cuidados posteriores a la cirugía y protocolos de recuperación, la RM puede proporcionar beneficios significativos. La literatura actual demuestra su capacidad para obtener imágenes estructurales precisas y también para identificar cuerpos extraños, masas, abscesos con los objetivos correspondientes (13).

### 3.3. Fotogrametría digital y escaneo de superficie en 3D

Asimismo, la tomografía y la resonancia magnética, se emplean métodos tales como la fotogrametría digital y el escaneo 3D para examinar lesiones e identificar descubrimientos externos. El proceso de digitalización se divide en dos fases: como se muestra en la **figura 1**, la fotogrametría identifica puntos clave en el objeto a través de fotografías capturadas desde diversas perspectivas; posteriormente, como se muestra en la **figura 2** estas imágenes se procesan en un software que une los puntos de referencia, generando una representación tridimensional del objeto (1).



**Figura 1.** Reconstrucción de un accidente de tránsito en 3D (1)



**Figura 2.** Reconstrucción fotogramétrica 3D de la piel de una víctima viva de agresión física con el arma utilizada (porra) (6)

### 3.4. Aplicaciones de la virtopsia en el campo forense

La virtopsia ofrece una metodología avanzada para identificar diversas lesiones y patologías en distintas partes del cuerpo tales como:

- Aparato Respiratorio: Neumotórax, broncoaspiración y hemitórax.
- Aparato Cardiovascular: Insuficiencia cardíaca, infarto agudo de miocardio y embolia aérea.
- Sistema Gastrointestinal: Presencia de líquido en estómago y duodeno en casos de ahogamiento.
- Piel, tejido subcutáneo y músculos: hematomas, laceraciones, heridas y enfisema.
- Politraumatismos y lesiones cervicales: fracturas, daños asociados a estrangulamiento y ahorcamiento.
- Heridas específicas: Lesiones punzocortantes y heridas por arma de fuego.

Asimismo, la virtopsia posee aplicaciones notorias en la identificación del momento del fallecimiento, determinación de sexo y edad, en la elaboración de exámenes toxicológicos y detección de objetos raros (14).

### 3.5. Identificación de la causa de muerte y del cadáver

Determinar la causa y el momento del deceso requiere analizar fenómenos cadavéricos, que se dividen en:

- Fenómenos abióticos: Incluyen enfriamiento corporal, deshidratación, hipostasis visceral y lividez cadavérica.
- Fenómenos bióticos: Comprenden rigidez y espasmo cadavéricos (14).

La técnica permite determinar la causa y momento de la muerte, utilizando fenómenos cadavéricos como enfriamiento y rigidez. En las primeras 48 horas, se aplican técnicas imagenológicas como:

La tomografía computarizada post mortem y angiografía, que ofrecen superior precisión diagnóstica y complementan la autopsia convencional, mejorando la identificación de detalles anatómicos y lesiones patológicas.

Estas herramientas complementan la autopsia convencional, proporcionando mayor detalle en estructuras anatómicas y patológicas (14).

### 3.6. Identificación del cadáver

Dentro de la identificación de cadáveres se utiliza análisis externos e internos, como la radiología y el ADN. Los implantes médicos facilitan el reconocimiento mediante tomografía. La virtopsia permite examinar detalles anatómicos relevantes. Este proceso multidisciplinario integra imágenes avanzadas con registros premortem, siendo esencial en casos de cadáveres mutilados o en descomposición.

La radiología en virtopsia destaca fracturas, calcificaciones y senos frontales, fundamentales para la necroidentificación de cadáveres dificultosos o en estado de descomposición avanzada.

Finalmente, la necroidentificación es un procedimiento que abarca diversas disciplinas, combinando técnicas de imagen de alta tecnología con datos previos al fallecimiento y tentativas contextuales, adaptándose a las características específicas de cada situación (14).

### 3.7. Aplicación en el análisis de heridas por arma de fuego

La virtopsia se considera una herramienta fundamental para el estudio de lesiones provocadas por armas de fuego en el contexto forense. A través de métodos de imagen post mortem, como la Tomografía Computarizada (TC) y la creación de modelos tridimensionales, se puede examinar en detalle las particularidades de las heridas, su recorrido y los daños relacionados. Estas tecnologías facilitan la reconstrucción de escenarios del crimen, la comparación de proyectiles y armas, así como la determinación de elementos como la distancia y el ángulo de disparo (14) (15).

#### 3.7.1. Aplicaciones en el análisis de lesiones

##### 1. Heridas por proyectil único:

- Reconocimiento del orificio de entrada a través de componentes como el anillo de Fisch, el collarín de limpieza y el tatuaje de Chavigny, que ofrecen información acerca de la dirección y la distancia del disparo.
- Análisis del orificio de salida, que presenta bordes evertidos y no muestra las marcas distintivas del orificio de entrada

## 2. Heridas por proyectiles múltiples:

- Estudio de las lesiones que han sido ocasionadas por armas como escopetas, donde la dispersión de los perdigones varía dependiendo la distancia de donde se realice el disparo.

## 3. Lesiones por proyectiles de alta velocidad:

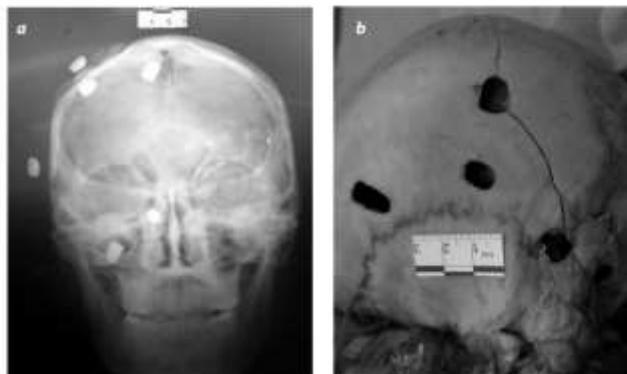
- Evaluación del daño tisular y las ondas expansivas ultrasónicas que ocasionan destrucción significativa.

## 4. Lesiones originadas por restos de pólvora:

- Identificación de los tatuajes de pólvora en la piel, útiles para calcular la distancia del disparo.

### 3.7.2. Importancia de las técnicas imagenológicas

- Tomografía Computarizada Post Mortem (PMCT): identifica y documentar proyectiles dentro del cuerpo antes de su extracción. Esto garantiza la protección de la evidencia y la cadena de custodia, lo cual es de suma importancia en el ámbito judicial (15).

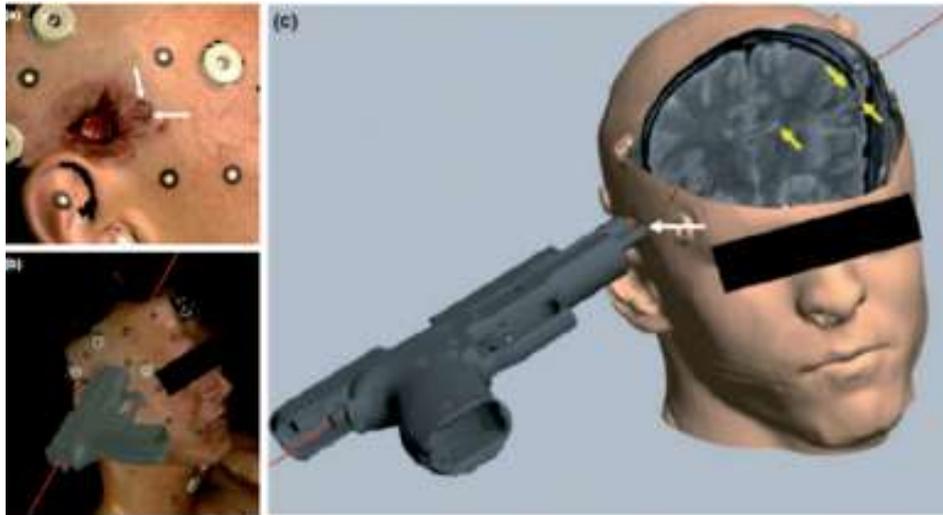


**Figura 3.** (a) Radiografía en la que se evidencian múltiples proyectiles de 6 mm en el cráneo, (b) las mismas lesiones en el hueso documentadas durante la necropsia (15)

- **Reconstrucción tridimensional:** compara lesiones causadas por ciertas armas, lo que facilita determinar si un arma hallada en el lugar del crimen fue empleada, así como establecer la posición precisa en el momento del disparo. Asimismo puede contribuir a diferenciar entre homicidio y suicidio (ver **figura 3**) (16).

(a) Modelo fotogramétrico del cráneo como se muestra en la **figura 4** una herida por proyectil en la zona temporal derecha y su orificio de entrada correspondiente (marcados con flechas blancas). (b) La reconstrucción del arma encontrada en la escena, junto con

el orificio de entrada, permite establecer con exactitud la posición del arma y la trayectoria del proyectil (señalada con una línea roja). (c) Combinación de la fotogrametría y la reconstrucción en 3D con imágenes de resonancia magnética, mostrando una posición del arma típica en casos de suicidio (16).



**Figura 4.** Reconstrucción en 3D de una herida por arma de fuego en un caso de suicidio

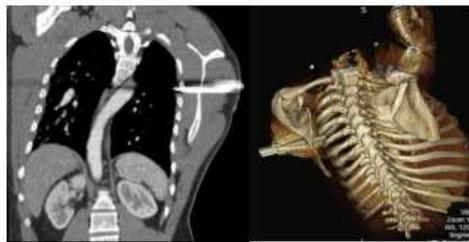
### 3.7.3. Aplicación en el análisis de heridas por arma blanca

Las heridas por arma blanca son provocadas por herramientas manuales con filo, punta o ambas, y se distinguen de las heridas por arma de fuego en que los daños se limitan al recorrido del arma sin afectar a los tejidos adyacentes. Pueden generarse por objetos comunes como cuchillos o tijeras, así como herramientas espontáneas. Según el instrumento empleado, las heridas se clasifican en:

- Heridas incisivas o cortantes: Se generan por objetos con bordes afilados (como cuchillos o bisturís). Generalmente son más largas que profundas y cuentan con bordes limpios y regulares. Son frecuentes en la cara, cuello y extremidades, tanto en casos de lesiones defensivas como autoinfligidas.
- Heridas punzantes o penetrantes: Se provocan por objetos cilíndricos y afilados (como agujas o clavos). La profundidad de estas heridas es mayor que su longitud, lo que puede llevar a la perforación de órganos y a hemorragias internas.
- Heridas cortopunzantes: Presentan una mezcla de características de las heridas cortantes y punzantes, poseyendo hojas estrechas y afiladas. En este tipo de heridas, la profundidad es más relevante que la longitud.
- Heridas cortocontundentes: Son causadas por herramientas pesadas con filo (como hachas o machetes), que pueden dañar tejidos blandos y huesos. A menudo, dejan marcas características en el hueso, lo que ayuda en la identificación del arma

El examen forense de estas heridas facilita la identificación del tipo de arma, la intensidad de la violencia, así como la posición tanto de la víctima como del agresor. También permite establecer vínculos entre características como desgarros en la ropa o trayectorias de las lesiones con la mano empleada en el ataque (14).

La virtopsia, que se realiza mediante tomografía computarizada multicorte (MSCT) como se muestra en la **figura 5**, representa una alternativa precisa a la autopsia convencional en situaciones de lesiones por arma blanca. No obstante, para ciertos objetos, puede ser necesario el apoyo de estudios adicionales para mejorar la precisión del análisis (14).



**Figura 5.** TC que muestra un arma blanca en región escapular izquierda (17)

Normalmente, en distintas proyecciones de radiografías simples, se pueden identificar fragmentos de metal, vidrio y grava que superan 1 milímetro. Materiales como el plástico pintado y la madera tienden a ser radiopacos, a diferencia de otros compuestos orgánicos que, al ser radiolúcidos, no son detectables mediante este método como se muestra en la **figura 6**. En estas situaciones, la Tomografía Computarizada (TC) resulta ser la opción más recomendable (18).



**Figura 6.** Radiografía de cráneo en vista lateral (izquierda) y anteroposterior (derecha). Muestra imagen radiopaca de aproximadamente 15 centímetros, próxima al globo ocular (17)

### 3.8. Aplicación en casos de asfixia

La virtopsia ha resultado ser especialmente valiosa en el estudio de muertes por asfixia, tales como estrangulación, ahorcamiento y ahogamiento, brindando beneficios importantes en la recopilación y examen de lesiones (19).

### 3.8.1. Estrangulación

La estrangulación, que se define por la presión externa en el cuello, ocasiona daños específicos en estructuras anatómicas como el hueso hioides, el cartílago tiroides y los tejidos blandos del cuello. La virtopsia facilita la observación detallada de estas lesiones a través de Reconstrucciones Tridimensionales (3D) obtenidas de imágenes de Tomografía Computarizada (TC). Por ejemplo, se pueden identificar con precisión fracturas del hioides o del cartílago tiroides, así como hemorragias en los músculos esternocleidomastoideos. Además, la TC post mortem es efectiva para identificar lesiones vasculares, como desgarros en las arterias carótidas, que son hallazgos frecuentes en casos de estrangulación (20).

### 3.8.2. Ahorcamiento

En situaciones de ahorcamiento, la virtopsia proporciona una evaluación precisa del surco cervical, lo que permite determinar su ubicación, profundidad y orientación. Estas características son fundamentales para distinguir entre ahorcamiento completo e incompleto, así como para establecer la posición del cuerpo durante el incidente. La Tomografía Computarizada (TC) también ayuda a identificar fracturas cervicales o lesiones en la columna vertebral, que pueden resultar de la fuerza ejercida durante el ahorcamiento. La combinación de imágenes de TC y Resonancia Magnética (RM) mejora la capacidad para evaluar tanto las estructuras óseas como los tejidos blandos, brindando un análisis integral (21).

### 3.8.3. Ahogamiento

El ahogamiento, que es un tipo de asfixia provocada por la inmersión en un líquido, presenta características específicas que se pueden identificar a través de la virtopsia. La existencia de líquido en los senos paranasales y en las vías respiratorias es un signo fundamental, junto con alteraciones pulmonares como la hiperinsuflación y el edema. La tomografía computarizada post mortem también permite detectar la espuma en las vías respiratorias, que es un indicio clásico de ahogamiento. Estos hallazgos, junto con el análisis del contenido gástrico y la distribución de líquidos en los pulmones, ayudan a lograr un diagnóstico más exacto (22).

### 3.9. Otras aplicaciones de la virtopsia

La virtopsia al tener la capacidad de obtener imágenes detalladas ha demostrado ser una herramienta muy útil en varias disciplinas sin necesidad de procedimientos invasivos, por lo que es una técnica fundamental para la investigación y la ciencia, entre las aplicaciones de la virtopsia se presentan:

### 3.9.1. Golpes con objetos romos

La virtopsia ha probado ser una herramienta esencial en la investigación forense de lesiones producidas por golpes con objetos contundentes, tales como martillos, palos o superficies duras. Estas lesiones, que abarcan fracturas óseas, hematomas y daños en tejidos blandos, pueden ser estudiadas de forma detallada y no invasiva utilizando técnicas de imagen como la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM). A continuación, se presentan las aplicaciones particulares de la virtopsia en este ámbito.

### 3.9.2. Visualización de fracturas óseas

Los impactos con objetos contundentes tienden a causar fracturas en el cráneo, las costillas, los huesos faciales y otras estructuras óseas. La virtopsia posibilita la Reconstrucción Tridimensional (3D) de estas lesiones, lo que ayuda a identificar patrones de daño y a establecer el mecanismo del trauma. Por ejemplo, las fracturas lineales o hundidas en el cráneo pueden ser observadas con gran exactitud, lo que ayuda a deducir el tipo de objeto utilizado y la fuerza ejercida (23).

### 3.9.3. Evaluación de hematomas y lesiones en tejidos blandos

Además de las fracturas, los impactos con objetos contundentes pueden provocar moretones, contusiones y desgarros en los tejidos blandos. La resonancia magnética post mortem es especialmente valiosa para analizar estas lesiones, ya que ofrece un mejor contraste en comparación con la tomografía computarizada. Esto facilita la identificación de hemorragias internas, daños en los músculos y lesiones en órganos internos, como el hígado o el bazo, que podrían no ser evidentes en una autopsia convencional (24).

### 3.10. Determinación del mecanismo de lesión

La virtopsia no solo registra las lesiones, sino que también facilita la reconstrucción del mecanismo del trauma. A través del estudio de la distribución y el patrón de las lesiones, los especialistas pueden deducir la dirección del impacto, la fuerza ejercida y el tipo de objeto involucrado. Esto resulta especialmente útil en situaciones donde no existen testigos o cuando el objeto contundente no se puede analizar (25).

#### 3.10.1. Abuso

La virtopsia, también conocida como autopsia virtual, se ha convertido en una herramienta esencial en la medicina forense para investigar casos de abuso en adultos y niños. Esta técnica, que es no invasiva y combina imágenes por Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM), permite identificar lesiones características del abuso físico, sexual y emocional, proporcionando evidencia objetiva y detallada que puede ser crucial en procesos legales. Este artículo examina las aplicaciones

de la virtopsia en situaciones de abuso, subrayando su eficacia en la identificación de lesiones, la reconstrucción de eventos y su función.

### 3.10.2. Abuso físico

El abuso físico es determinado por el aspecto de lesiones como fracturas, hematomas, quemaduras y daños en órganos internos. La virtopsia ha sido particularmente útil en la tipificación de estas lesiones, principalmente en casos donde las certidumbres no son evidentes en un examen externo. A manera de ejemplo, la TC post mortem accede detectar fracturas costales, craneales y de huesos largos con gran precisión, inclusive en casos de fracturas en disímiles etapas de curación, un hallazgo común en el síndrome del niño maltratado. Además, la RM post mortem logra eficacia al identificar hematomas en tejidos blandos, hemorragias cerebrales y daños en órganos internos, tales como el hígado o el bazo, los cuales pueden ser consecuencia de traumatismos repetidos (24) (25).

### 3.10.3. Abuso sexual

En situaciones de abuso sexual, la virtopsia perfecciona los hallazgos de la autopsia tradicional al facilitar iconografías minuciosas de lesiones en áreas anatómicas sensitivas. La TC y la RM logran identificar desgarros, hematomas y otras lesiones en los tejidos genitales y anales, que son indicativas de abuso sexual. Conjuntamente, en algunos acontecimientos, la virtopsia revela la apariencia de objetos insólitos en el cuerpo, lo que puede ser evidencia crucial en casos de abuso sexual.

### 3.10.4. Abuso infantil

El abuso infantil es un área donde la virtopsia ha demostrado ser esencialmente útil, ya que las contusiones pueden ser tenues o dificultosos de divisar mediante técnicas tradicionales. La virtopsia accede asemejar lesiones particularidades del síndrome del niño maltratado, a manera de cisuras múltiples en diferentes etapas de curación, hemorragias retinianas y hematomas subdurales. Además, la TC post mortem es eficaz para manifestar fracturas de cráneo y hemorragias intracraneales, que son habituales en casos de sacudidas violentas (*shaken baby syndrome*).

## 4. Discusión

En el presente artículo de investigación, se ha examinado las principales aplicaciones y limitaciones de la virtopsia en el entorno forense, lo que establece la discusión en esta sección. Los hallazgos revelan la utilidad de la tomografía computarizada y resonancia magnética en autopsias virtuales, las cuales admiten una evaluación minuciosa de estructuras anatómicas sin la necesidad de procedimientos invasivos. Estas metodologías han verificado ser fundamentalmente ventajosas en casos de traumatismos, en el cual la reconstrucción tridimensional proporciona la identificación de fracturas, hemorragias y lesiones internas que pueden ser difíciles de divisar mediante autopsias convencionales.

La tomografía computarizada post mortem se ha convertido en una de las herramientas más empleadas en la virtopsia gracias a su capacidad para visualizar estructuras óseas y detectar la existencia de cuerpos extraños, embolias gaseosas y lesiones traumáticas con un alto grado de precisión. Investigaciones anteriores han mostrado que la TC post mortem permite una evaluación rápida y objetiva, lo que la hace especialmente útil en entornos judiciales y en casos de muertes violentas o sospechosas. No obstante, su principal desventaja es la incapacidad de examinar tejidos blandos con el mismo nivel de detalle que ofrece la autopsia tradicional, lo que puede complicar la identificación de patologías microscópicas.

Este artículo muestra la relevancia de seguir avanzando en el desarrollo de la virtopsia, especialmente a través de la integración de tecnologías nuevas como la inteligencia artificial. La automatización del análisis de imágenes utilizando algoritmos de aprendizaje profundo podría mejorar la precisión en los diagnósticos y reducir la variabilidad entre observadores, lo que aumentaría su utilidad en el campo forense. Además, el establecimiento de bases de datos forenses estandarizadas a nivel internacional facilitaría la validación de esta técnica y su implementación en diferentes sistemas legales y médicos. En este contexto, la virtopsia se establece como una herramienta cada vez más relevante en la medicina forense, poniendo de relieve tanto sus beneficios como sus limitaciones.

## 5. Conclusiones

- Las tecnologías de imagen radiológica de vanguardia están completamente incorporadas en la medicina clínica. Por otro lado, su adopción en el ámbito de la medicina forense ha sido más gradual, sobre todo por razones de disponibilidad y costo.
- Diversas investigaciones han mostrado cómo estas tecnologías apoyan la necropsia convencional, permitiendo el análisis del cuerpo y del individuo vivo mediante métodos no invasivos o de mínima invasión. Permiten identificar cuerpos extraños, caracterizar las lesiones y revelar hallazgos que no son visibles en un examen externo.
- Las aplicaciones son diversas, como se ha señalado en esta revisión, lo que facilita al equipo forense multidisciplinario correlacionar hallazgos y lograr un diagnóstico confiable con un enfoque puramente científico. Asimismo, posibilita la documentación de estos descubrimientos, ofreciendo herramientas para respaldar casos en el juicio oral de cualquier situación que lo necesite.
- La virtopsia es un método novedoso en la medicina forense que se presenta como una alternativa innovadora, exacta y menos invasiva en comparación con la autopsia convencional. A pesar de los retos que todavía enfrenta y la necesidad de más estudios, es claro que tiene el potencial de transformar las prácticas forenses,

especialmente en la identificación de las causas de muerte y en la obtención de pruebas.

- Uno de sus mayores beneficios es la posibilidad de llevar a cabo diagnósticos precisos sin necesidad de procedimientos invasivos, utilizando tecnologías como la realidad aumentada y algoritmos de inteligencia artificial. Estas herramientas mejoran el análisis de información, automatizan la detección de anomalías y optimizan la segmentación de órganos y tejidos, lo que garantiza resultados más exactos y efectivos.
- La virtopsia se adecúa a las creencias culturales y religiosas al no utilizar métodos invasivos, lo que ha favorecido su adopción en ambientes donde la autopsia convencional encuentra objeciones éticas o culturales. Su aplicación también abarca la investigación médica, facilitando el análisis de enfermedades, tendencias epidemiológicas y factores de riesgo, así como ayudando a una comprensión más exhaustiva de la genética y la transmisión de enfermedades. Esta tecnología tiene un impacto notable, no únicamente en la medicina forense, sino también en la investigación médica, al unir precisión diagnóstica, respeto por la cultura y progresos científicos. Se sugiere su incorporación con la autopsia tradicional, formando a los profesionales en el manejo de estas herramientas sofisticadas y fomentando investigaciones que disminuyan costos y aumenten su accesibilidad.
- La implementación de la virtopsia tiene el potencial de aumentar significativamente la calidad de las investigaciones post mortem y los diagnósticos, lo que permitirá a los profesionales de la salud y del ámbito judicial tomar decisiones más fundamentadas y exactas. Este progreso representa un paso hacia prácticas más éticas, eficaces y alineadas con las necesidades del país.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

1. Durán Campos K. Virtopsia: uso de la tecnología de imagen en el ámbito forense. Revista Gaceta Internacional de Ciencias Forenses [Internet]. 2024 [citado 15 enero 2025]; (50). Disponible en: [https://www.uv.es/gicf/3R1\\_Duran\\_GICF\\_50.pdf](https://www.uv.es/gicf/3R1_Duran_GICF_50.pdf)
2. Escobar López KY. Las ciencias forenses y la innovación tecnológica. Gaceta Internacional de Ciencias Forenses [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; (34):10-25. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7181815>
3. García-Robelto AN, Betín-Isaza A, Gil-Villa AM. Virtopsia. Su pertinencia como herramienta de apoyo judicial en Colombia. Revista Memorias Forenses [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; (3):45-58. Disponible en: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/mforenses/article/view/675/821>
4. Dirnhofer R, Jackowski C, Vock P, Potter K, Thali M. Virtopsy: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. Radiological Society of North America [Internet]. 2006[cited 2025 January 15]; 26(5). Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.265065001>
5. Bolliger SA, Thali MJ, Ross S, Buck U, Naether S, Vock P. Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects. European Journal of Radiology [Internet]. 2008 [cited 2025 January 15];18(2):273-282. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17705044/>
6. Bolliger SA, Thali MJ. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Science [Internet]. 2015[cited 2025 January 15]; 370(1674):20140253. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26101279/>
7. Rüeeggler CM, Gascho D, Bode PK, Bruder E, Haslinger C, Ross S, et al. Post-mortem magnetic resonance imaging with computed tomography-guided biopsy for foetuses and infants: a prospective, multicentre, cross-sectional study. BMC Pediatrics [Internet]. 2022[cited 2025 January 15]; 22(1): 464. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35918685/>
8. Ahmad MU, Sharif KA, Qayyum H, Ehsanullah B, Balyasnikova S, Wale A, et al. Assessing the use of magnetic resonance imaging virtopsy as an alternative to autopsy: a systematic review and meta-analysis. Postgraduate Medical Journal [Internet]. 2017 [cited 2025 January 15]; 93(1105):671-678. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28684530/>

9. Gallego Londoño C, Afanador Restrepo DF, Dávila Castañeda MC, Andrade Ramírez S. La evolución de la Virtopsia, las ventajas frente a la autopsia y el impacto en el área de la salud: Una scoping review. *Journal of Health and Medical Sciences* [Internet]. 2024 [citado 15 enero 2025]; 10(3):11-20. Disponible en: <https://revistas.uta.cl/pdf/3145/02-gallegook%20%20rev.10.3.pdf>
10. Jalalzadeh H, Giannakopoulos GF, Berger FH, Fronczek J, van de Goot FRW, Reijnders UJ, Zuidema WP. Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims--A systematic review. *Forensic Science International* [Internet]. 2015[cited 2025 January 15]; 257: 29-48. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26284976/>
11. Westphal SE, Apitzsch J, Penzkofer T, Mahnken AH, Knüchel R. Virtual CT autopsy in clinical pathology: feasibility in clinical autopsies. *Virchow's Archive: An International Journal of Pathology* [Internet]. 2012 [cited 2025 January 15]; 461(2):211-9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22729140/>
12. Wichmann D, Heinemann A, Weinberg C, Vogel H, Hoepker WW, Grabherr S, et al. Virtual autopsy with multiphase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients: a cohort study. *Annals of Internal Medicine* [Internet]. 2014 [cited 2025 January 15]; 160(8):534-541. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24733194/>
13. Greene AC, Mankarious MM, Patel A, Matzelle-Zywicki M, Kwon EG, Reyes L, et al. Can magnetic resonance imaging replace computed tomography scans in the evaluation of pediatric post-appendectomy abscess? *Surgery* [Internet]. 2023 [cited 2025 January 15]; 174(3):703-708. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37365084/>
14. Gallo R. Relevancia de la virtopsia como método de inspección corporal no invasivo en las Ciencias Forenses. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud. Fundación Barceló [Internet]. 2023 [citado 15 enero 2025]. Disponible en: [https://repositorio.barcelo.edu.ar/greenstone/collect/tesis/index/assoc/HASH0193.dir/BRC\\_Tesis\\_GalloRoberto.pdf](https://repositorio.barcelo.edu.ar/greenstone/collect/tesis/index/assoc/HASH0193.dir/BRC_Tesis_GalloRoberto.pdf)
15. Loaiza GAM, Daza AFO, Archila GA. Aplicaciones de la radiología convencional en el campo de la medicina forense. *Revista Colombiana de Radiología* [Internet]. 2013[citado 15 enero 2025]; 24(4): 3805-3810. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/items/e2180a8a-a1bf-4b76-9cca-ee010636ed80>

16. Najar Céspedes AP. Virtopsia. Radiología en medicina forense. Salud Areandina [Internet]. 2012[citado 15 enero 2025];1(1):60-76. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Nn/article/view/311/340>
17. Garrido Benito B, Illán Riquelme A, Sánchez Corral J, Ots Gutiérrez JR, Oliver García I. Herida penetrante por arma blanca. Revista Chilena de Cirugía [Internet]. 2017 [citado 15 enero 2025]; 69(6):436-437. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037938931730039X?via%3Dihub>
18. Albarrán ME, Sánchez JA. Lesiones por arma blanca: lesiones, diagnóstico y problemas médico-legales. Revista Universidad Complutense de Madrid [Internet]. 2019 [citado 15 enero 2025]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-12-06-Tema%202.%20Lesiones%20originadas%20por%20armas%20blancas.pdf>
19. Grabherr S, Baumann P, Minoiu C, Fahrni S, Mangin P. Post-mortem imaging in forensic investigations: current utility, limitations, and ongoing developments. Research and Reports in Forensic Medical Science [Internet]. 2024 [cited 2025 January 15]; Available from: [https://www.researchgate.net/publication/298725645\\_Post-mortem\\_imaging\\_in\\_forensic\\_investigations\\_current\\_utility\\_limitations\\_and\\_ongoing\\_developments](https://www.researchgate.net/publication/298725645_Post-mortem_imaging_in_forensic_investigations_current_utility_limitations_and_ongoing_developments)
20. Decker LA, Hatch GM, Lathrop SL, Nolte KB. The role of postmortem computed tomography in the evaluation of strangulation deaths. Journal of Forensic Sciences [Internet]. 2018[cited 2025 January 15]; 63(5):1401-1405. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29464693/>
21. Gascho D, Heimer J, Thali MJ, Flach PM. The value of MRI for assessing danger to life in nonfatal strangulation. Forensic Imaging [Internet]. 2020[cited 2025 January 15]; 22:200398. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666225620300476>
22. Levy AD, Harcke T, Getz JM, Mallak JL, Caruso JL, Pearse L, et al. Virtual Autopsy: Two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. Radiological Society of North America [Internet]. 2007 [cited 2025 January 15]; 243(3). Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2433061009>
23. Flach PM, Gascho D, Ruder TD, Franckenberg S, Ross SG, Ebner L, et al. Postmortem and forensic magnetic resonance imaging, in: imaging of the pelvis, musculoskeletal system, and special applications to CAD. CRC Press [Internet].

2016[cited 2025 January 15]. Available from:

[https://www.researchgate.net/publication/301301238\\_Postmortem\\_and\\_Forensic\\_Magnetic\\_Resonance\\_Imaging\\_in\\_Imaging\\_of\\_the\\_Pelvis\\_Musculoskeletal\\_System\\_and\\_Special\\_Applications\\_to\\_CAD](https://www.researchgate.net/publication/301301238_Postmortem_and_Forensic_Magnetic_Resonance_Imaging_in_Imaging_of_the_Pelvis_Musculoskeletal_System_and_Special_Applications_to_CAD)

24. Ruder TD, Thali MJ, Hatch GM. Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults. The British Journal of Radiology [Internet]. 2014[cited 2025 January 15]; 87(1036):20130567. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24191122/>
25. Zech WD, Ruder TD. Blunt force trauma in forensic radiology. Radiology (Heidelberg Germany) [Internet]. 2024[cited 2025 January 15]; 64(11):837-845. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39320448/>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D

### *Effects of polymerization time of Bio Crown nano hybrid resin with 3D printing*

- <sup>1</sup> Angie Giovanna Carballo Aguilar  <https://orcid.org/0009-0009-5437-5880>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[angiecarballo12@hotmail.com](mailto:angiecarballo12@hotmail.com)
- <sup>2</sup> Jefferson Omar Coyago Cholango  <https://orcid.org/0009-0002-7854-2005>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[jefferson.coyago@gmail.com](mailto:jefferson.coyago@gmail.com)
- <sup>3</sup> David Gerardo Carrillo Vaca  <https://orcid.org/0000-0002-4613-5264>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[david.carrillo@unach.edu.ec](mailto:david.carrillo@unach.edu.ec)



#### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 18/12/2024

Revisado: 16/01/2025

Aceptado: 28/02/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3393>

Cítese: Carballo Aguilar, A. G., Coyago Cholango, J. O., & Carrillo Vaca, D. G. (2025). Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D. *Anatomía Digital*, 8(2), 48-68. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3393>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



**Palabras claves:**

rehabilitación bucal,  
estética dental,  
dureza,  
polimerización,  
propiedades físicas.

**Resumen**

**Introducción.** Los materiales resinosos impresos actualmente en Odontología están tomando mayor auge en el campo de la prostodoncia, estos contienen rellenos orgánicos e inorgánicos cerámicos nano y microhíbridos entre ellos zirconio silanizado; esto les permite tener un nivel de resistencia a la fractura y flexión bastante altos. Su elaboración es indirecta en una impresora 3D, previa elaboración de un diseño en exocad donde se puede planificar prótesis fijas plurales de hasta 3 unidades, carillas, incrustaciones de esta forma los composites 3D ofrezcan una alternativa eficiente y duradera para diversas aplicaciones en la odontología restauradora. **Objetivo.** Evaluar y comparar la rugosidad y dureza shore D de la resina 3D Prizma Bio-Crown en diferentes tiempos de polimerización. **Metodología.** Experimental in vitro, se realizaron 100 muestras de prueba de resina nano híbrida (Prizma bio crown). Las muestras fueron realizadas con impresión 3D (LCD) con dimensiones de 12 mm de alto por 6 mm de ancho, Cada bloque de muestra fue sometido a un protocolo de pulido que incluye el uso de discos de silicona, pelo de cabra y fieltro, acompañado de dos pastas de pulido: DURA Polishing y Superpolishing. El pulido se realizó durante 20 segundos en cada paso, utilizando un motor eléctrico a diferentes velocidades (10,000 rpm, 5,000 rpm y 4,000 rpm, respectivamente). **Resultados.** El estudio revela una variabilidad significativa en los niveles de rugosidad entre los diferentes grupos de muestras, indicando variaciones sustanciales en las condiciones de fabricación, acabado y pulido. Utilizando una escala de medición detallada, evaluamos la rugosidad promedio (Ra) en cuatro caras de las muestras para cada grupo, revelando patrones distintivos en función del tiempo de tratamiento y la técnica de acabado y pulido empleada. Estos resultados sugieren que la optimización de estos parámetros es crucial para obtener restauraciones con resina Prizma Bio Crown de alta calidad, con superficies lisas, estéticas y resistentes al desgaste. **Conclusión.** Los procesos de pre-impresión, post-impresión, tiempo de polimerización y protocolo de pulido fueron identificados como factores determinantes en las propiedades físicas del material, especialmente en su rugosidad y dureza

Shore D. Estos hallazgos proporcionan una guía para estandarizar estos parámetros y mejorar tanto la estética como la funcionalidad en el procesamiento de la resina Bio Crown impresa en 3D en el ámbito odontológico. **Área de estudio general:** Odontología. **Área de estudio específica:** Rehabilitación Oral. **Tipo de estudio:** Artículo original.

**Keywords:**

Mouth rehabilitation, esthetics, dental, hardness, polymerization, physical properties.

**Abstract**

**Introduction.** The resinous materials currently printed in Dentistry are becoming more popular in the field of prosthodontics, they contain organic and inorganic fillers nano and microhybrid ceramics including silanized zirconium; this allows them to have an elevated level of fracture and flexural resistance. Its elaboration is indirect in a 3D printer, after elaboration of an exocad design where plural fixed prostheses of up to 3 units, veneers, inlays can be planned. In this way, 3D composites offer an efficient and durable alternative for various applications in restorative dentistry. **Objective.** To evaluate and compare the roughness and shore D hardness of Prizma Bio-Crown 3D resin at different polymerization times. **Methodology.** Experimental in vitro, 100 evaluate samples of nano hybrid resin (Prizma bio crown) were performed. The samples were made with 3D printing (LCD) with dimensions of 12 mm high by 6 mm wide, each sample block was subjected to a polishing protocol that includes the use of silicone discs, goat hair and felt, accompanied by two polishing pastes: DURA Polishing and Superpolishing. Polishing was done for 20 seconds at each step, using an electric motor at different speeds (10,000 rpm, 5,000 rpm, and 4,000 rpm, respectively). **Results.** The study reveals a significant variability in roughness levels between the diverse groups of samples, indicating substantial variations in manufacturing, finishing and polishing conditions. Using a detailed measurement scale, we evaluated the average roughness (Ra) on four sides of the samples for each group, revealing distinctive patterns based on treatment time and the finishing and polishing technique employed. These results suggest that the optimization of these parameters is crucial to obtain restorations with high-quality Prizma Bio Crown resin, with smooth, aesthetic and wear-resistant surfaces. **Conclusion.** The processes of pre-printing, post-

---

printing, polymerization time and polishing protocol were identified as determining factors in the physical properties of the material, especially in its roughness and Shore D hardness. These findings provide a guide to standardize these parameters and improve both aesthetics and functionality in the processing of 3D printed Bio Crown resin in the dental field. **General area of study:** Dentistry. **Specific area of study:** Oral Rehabilitation. **Type of study:** Original article.

---

## 1. Introducción

Los materiales resinosos impresos actualmente en Odontología están tomando mayor auge en el campo de la prostodoncia, estos contienen rellenos orgánicos e inorgánicos cerámicos nano y microhíbridos entre ellos zirconio silanizado; esto les permite tener un nivel de resistencia a la fractura y flexión bastante altos (1). Su elaboración es indirecta en una impresora 3D, previa elaboración de un diseño en exocad donde se puede planificar prótesis fijas plurales de hasta 3 unidades, carillas, incrustaciones de esta forma los composites 3D ofrezcan una alternativa eficiente y duradera para diversas aplicaciones en la odontología restauradora; por este motivo deben cumplir las normas ISO 4287 de rugosidad y 868 de dureza (2) (3).

Estas resinas, por sus características, son fáciles de pulir y matizar con cualquier kit de tinte, alcanzando así la integración estética y funcional necesarias en rehabilitación oral (4) (5), el mecanismo de pulido se logra mediante discos de silicona de diferente grosor, pastas de pulido con relleno de diamante, láminas de carburo de silicio de grano extra suave, discos de pelo de cabra, discos de fieltro, entre otros (6) (7). Un correcto pulido genera menor adhesión de microorganismos, mejor apariencia estética al alcanzar un brillo óptimo, mayor biocompatibilidad con tejidos bucales, minimizar el desgaste de la dentición antagonista, menor decoloración obteniendo una estabilidad de color y translucidez sin afectar la resistencia en fractura, flexión y dureza ya que se eliminan grietas superficiales que aumentan la fragilidad de los materiales de restauración, sin embargo los sistemas de acabado y pulido manuales puede generar ciertos errores como ondulaciones en su superficie o zonas de escaso pulido (8) (9). La garantía de los protocolos de impresión y pulido de materiales en 3D está actualmente probada y ofrece muchas ventajas sobre los procesos tradicionales o analógicos en términos de maniobra de materiales, pero con la aparición de nuevos materiales que utilizan la tecnología de aditivos 3D y la versatilidad de los materiales, se podría desconocer sus propiedades físicas (10) (11). Independientemente del desarrollo, los problemas clínicos de dureza y

rugosidad se producen de forma funcional; Vásquez-Niño (12) mencionó que dichas propiedades físicas como la dureza y rugosidad de la resina 3D, se van a ver alteradas no solo en su estructura y composición química sino que también tendrán influencia parámetros de pre impresión, post impresión, proceso de fotopolimerización y su proceso final de acabado y pulido, afectando sus propiedades y observando que al imprimir probetas en dirección vertical (capas perpendiculares a la dirección de la carga) se consiguió una alta dureza que las probetas impresas horizontalmente (capas paralelas a la dirección de la carga) (12) (13). No obstante, eso significaría aumentar área de contacto entre capas, lo que podría incrementar el grado de porosidad alterando la rugosidad de la impresión, estrés residual y distorsiones dimensionales por contracción de las piezas (14).

La investigación se lleva a cabo con el objetivo de evaluar y comparar la rugosidad y dureza shore D de la resina 3D Prizma Bio-Crown en diferentes tiempos de polimerización (15). Asimismo, busca describir las características físicas de la resina mediante la aplicación de un protocolo de pulido (16). Las pruebas in vitro realizadas permitirán correlacionar los efectos del protocolo de pulido y post procesado sobre los niveles de rugosidad y resistencia en la fabricación de prótesis (17) (18). Esta investigación tiene una relevancia científica notable debido a su análisis in vitro en un laboratorio, donde se evalúan los valores de dureza de los polímeros y la rugosidad de la resina biocompatible 3D. Además, presenta una importancia metodológica significativa, ya que hay una cantidad reducida de estudios sobre este tema en Ecuador (19), por lo tanto, la ejecución de esta investigación es de gran trascendencia para fortalecer las bases teóricas y prácticas de futuras investigaciones en este campo.

## 2. Metodología

*Tipo de estudio y muestra:* experimental in vitro, se realizaron 100 muestras de prueba de resina nano híbrida (Prizma bio crown). Las muestras fueron realizadas con impresión 3D (LCD) con dimensiones de 12 mm de alto por 6 mm de ancho, Cada bloque de muestra fue sometido a un protocolo de pulido que incluye el uso de discos de silicona, pelo de cabra y fieltro, acompañado de dos pastas de pulido: DURA Polishing y Superpolishing. El pulido se realizó durante 20 segundos en cada paso, utilizando un motor eléctrico a diferentes velocidades (10,000 rpm, 5,000 rpm y 4,000 rpm, respectivamente). Como se muestra en la **figura 1**.



**Figura 1.** Proceso de pulido del estudio in vitro

La muestra fue dividida en 5 grupos (A, B, C, D, E) de 20 cuerpos cada uno, polimerizados a 0, 5, 10, 15, 20 minutos correspondientemente, con un espesor de 0.04 mm entre capas a una velocidad de 6 segundos de exposición siguiendo las especificaciones del fabricante. Como se observa en la **figura 2**. Para medir la rugosidad superficial y dureza shore se utilizó un rugosímetro digital de marca (MITUTOYO) y durómetro (100H-D). Se realizaron dos ensayos uno de rugosidad y otro de dureza shore, el primero se realizó con 100 muestras, en sus cuatro caras, seleccionando los parámetros a medir, estableciendo una fuerza de medición estática del detector de 4 mN con un radio de la punta del detector de 5 µm, longitud de 8 mm y velocidad de medición de 0,5 mm/s obteniendo 400 resultados de todas las caras analizadas. El segundo ensayo se realizó con un durómetro (100H-D), en las 100 muestras, con una punción en una sola cara de cada bloque, obteniendo valores en shore D. Para la recolección de datos, se utilizará una tabla desarrollada por los investigadores, que detallará el grado de rugosidad y dureza que presenta la resina Bio Crown cuando se somete a diferentes intervalos de fotopolimerización. Este enfoque permitirá evaluar de manera precisa los efectos de la fotopolimerización y el pulido sobre las propiedades físicas de la resina Bio Crown.



**Figura 2.** Esquema descripción del estudio in vitro

### 2.1. Criterios de selección

Se plasma un conjunto de características, condiciones o requisitos que se utilizan para tomar decisiones sobre la inclusión o exclusión de elementos dentro de un proceso o grupo. En otras palabras, son los estándares que guían la elección del estudio in vitro presentado.

**-Criterios de inclusión:** Todos los bloques impresos en resina nano híbrida Prizma bio Crown que cumplan con las especificaciones y dimensiones establecidas en la metodología. - Bloque de resina nanohíbrido integrado y sin fisuras, fotopolimerizado en el tiempo especificado sin burbujas con el uso de la impresora 3D Creality de alta precisión, modelo HALOT-ONE PLUS, color azul, pantalla de 7,9 pulgadas, resolución 4K HD, tamaño de impresión 172 mm x 102mm x 160 mm, equipada con mesa de calibración, capacidad máxima 650 ml y de la máquina Creality Cure Mode modelo de curado inteligente UW-0, con botones táctiles, potencia nominal 60W, voltaje de entrada DC24V, tamaño de lavado 170x120x160mm, incluyendo plataforma giratoria magnética de 360°, fuente de luz UV de doble frecuencia 405 385nm, plataforma magnética y de limpieza, equipado con fuentes de luz ultravioleta de doble frecuencia 405 385 nm (18 piezas), se pueden ajustar tres velocidades para limpieza y curado, y el tiempo de curado es de 2 a 90 minutos.

**-Criterios de exclusión:** Todos los bloques de resina Prizma bio Crown fracturadas, con burbujas o fisuras que alteren su integridad, con dimensiones inadecuadas. Los bloques impresos que presenten alteraciones en su composición serán reemplazados por nuevas unidades que cumplan las características de la norma ISO 4287 (rugosidad), 868 (dureza shore D).

### 2.2. Operacionalización de las variables

En el presente estudio in vitro, se establecen claramente las variables de análisis y sus métodos de medición para garantizar la precisión de los resultados. La variable independiente se manipulará conforme a las condiciones experimentales definidas, como se muestra en la **tabla 1**, mientras que la variable dependiente será evaluada en función de esta variación. Para ello, se emplearán técnicas de medición específicas que aseguren la fiabilidad y reproducibilidad del estudio, como se muestra en la **tabla 2**.

**-Variable dependiente:** propiedades del material, dureza, desgaste y abrasión

**Tabla 1.** Variable dependiente

Definición de la variable	Categoría	Indicador	Ítems	Instrumentos	Técnicas
En los polímeros específicamente, la dureza a la deformación depende de la carga constante sobre su superficie.	(Dureza)	Escala Dureza	Dureza de Shore D, (se establece en una escala de 0 a 100)	Durómetro	Fichas de registro, Ensayos
El desgaste es la fricción de una superficie, bajo una determinada carga. Estas irregularidades pueden tener diferentes tamaños y distribuciones, y pueden afectar las propiedades físicas de la resina.	(Rugosidad)	Índice desgaste	Valores de rugosidad media Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rugosímetro	Hojas de calculo

La variable independiente se manipulará conforme a las condiciones experimentales previamente establecidas en el diseño del estudio. Estas condiciones han sido definidas con base en criterios específicos para garantizar la validez de los resultados. Como se muestra en la **tabla 1**.

**Variable independiente:** tipo de resina utilizada (Prizma bio Crown)

**Tabla 2.** Variable independiente

Definición de la variable	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
En la impresión 3D (LCD), el material transcendental utilizado es la resina nano híbrida. Dichos componentes pueden experimentar cambios en sus propiedades	100 muestras, (divididas en 5 grupos A, B, C, D, E)	Tiempo de curado	<p>0 min (20 muestras)</p> <p>Sin curado</p> <p>Grupo A</p> <p>5 min (20 muestras)</p> <p>intermedio</p> <p>Grupo B</p> <p>10 min (20 muestras)</p> <p>Medio</p> <p>Grupo C</p>	Fichas de registro, Impresora 3D LCD

**Tabla 2.** Variable independiente (continuación)

Definición de la variable	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
mecánicas con múltiples tiempos de curado.		Alto	15 min	—
			(20 muestras)	—
		Máximo	Grupo D	—
			20 min	—
			(20 muestras)	—
			GRUPO E	—

La variable dependiente será evaluada en función de la variación de la variable independiente, permitiendo determinar su impacto y establecer posibles relaciones causales. Para ello, se emplearán técnicas de medición, seleccionadas en función de su adecuación al objeto de estudio. Estas técnicas garantizarán la fiabilidad de los resultados, minimizando posibles sesgos y errores experimentales. Como se muestra en la **tabla 2**.

### 2.3. Entorno y análisis estadístico

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y en la Universidad Técnica de Ambato (UTA). Los datos obtenidos de cada análisis se ingresaron en Microsoft Excel y luego se trasladaron al software estadístico SPSS. En este programa, se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión para generar una estadística descriptiva.

Se realizó una comparación de medias estadísticas de rugosidad y de dureza mediante la prueba ANOVA. La hipótesis nula ( $H_0$ ) de que las medias de rugosidad y de dureza en los cinco grupos de tiempos de tratamiento (0, 5, 10, 15 y 20 minutos) son iguales, frente a la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) de que al menos una de las medias es diferente. Para la rugosidad se ha considerado el promedio de las 4 caras. Se utilizó un nivel de significación de 0.05 (5%). Para identificar qué grupos difieren entre sí se utilizó la prueba de Tukey.

### 3. Resultados

El estudio revela una variabilidad significativa en los niveles de rugosidad entre los diferentes grupos de muestras, indicando variaciones sustanciales en las condiciones de fabricación, acabado y pulido. Utilizando una escala de medición detallada, evaluamos la rugosidad promedio ( $R_a$ ) en cuatro caras de las muestras para cada grupo, revelando patrones distintivos en función del tiempo de tratamiento y la técnica de acabado y pulido empleada. Estos resultados sugieren que la optimización de estos parámetros es crucial para obtener restauraciones con resina Prizma Bio Crown de alta calidad, con superficies lisas, estéticas y resistentes al desgaste.

Para el Grupo A, caracterizado por un tiempo de tratamiento de 0 minutos (sin poscurado), observamos una rugosidad promedio variada entre las diferentes caras de las muestras. Mientras que la Cara 1 exhibió la rugosidad más alta con 3.784  $\mu\text{m}$ , la Cara 2 mostró la más baja con 0.592  $\mu\text{m}$ . Como se muestra en la tabla 3. Esta heterogeneidad sugiere una rugosidad relativamente alta en comparación con otros grupos, destacando la influencia del poscurado en la suavidad de la superficie.

Los Grupos B (5 minutos de poscurado), C (10 minutos de poscurado) y D (15 minutos de poscurado) muestran una disminución en la rugosidad promedio en todas las caras en comparación con el Grupo A (sin poscurado). Como se observa en la tabla 3. Esto indica que la combinación de poscurado, acabado y pulido tiene un efecto positivo en la reducción de la rugosidad superficial. A medida que aumenta el tiempo de polimerización, se observa una disminución adicional en la rugosidad promedio.

En contraste, el Grupo E, sometido a 20 minutos de poscurado, exhibió la rugosidad promedio más baja en todas las caras, indicando una significativa reducción en la rugosidad superficial. Como se muestra en la tabla 3. Este hallazgo sugiere que un tratamiento más prolongado fue efectivo para lograr una superficie más suave y uniforme en las restauraciones dentales.

Es importante destacar que los valores extremadamente altos de rugosidad en el Grupo A, que no fue sometido a poscurado, resaltan la relevancia del proceso de post procesado, que incluye tanto el poscurado como el pulido, en la mejora de la calidad de la superficie. Por otro lado, los valores más bajos en los Grupos D y E sugieren la eficacia de métodos de fabricación o acabado que incluyen un proceso de pulido eficaz.

Estos resultados proporcionan nuevas perspectivas sobre la influencia del tiempo de poscurado y el protocolo de pulido y acabado, en la rugosidad superficial de las restauraciones dentales, ofreciendo información valiosa para la optimización de los procesos de fabricación y acabado en odontología restaurativa.

En consecuencia, la distribución de la dureza Shore D evidenciada nos permite comprender cómo diferentes condiciones de procesamiento afectan las propiedades finales del material.

La dureza Shore D de la resina Prisma Bio Crown está directamente influenciada por el tiempo de polimerización. Inicialmente, sin ningún tiempo de poscurado, el material muestra una dureza de 92.88 en el Grupo A, lo que representa su estado natural. Sin embargo, a medida que se incrementa el tiempo de polimerización, se observa un aumento gradual en la dureza. Como se muestra en la **tabla 4**.

El Grupo B, con 5 minutos de poscurado, exhibe una ligera disminución en la dureza (89.6), lo que sugiere que este tiempo no es suficiente para alcanzar la máxima dureza del

material. Por otro lado, el Grupo C, con 10 minutos de poscurado, muestra un incremento en la dureza (92.22), indicando que un tiempo más prolongado mejora la dureza. Como se observa en la **tabla 4**.

Este patrón continúa con el Grupo D (15 minutos de poscurado), donde se registra un leve aumento en la dureza (92.6), y alcanza su punto máximo en el Grupo E (20 minutos de poscurado), con una dureza de 93.9. Como se muestra en la **tabla 4**. Es importante destacar que estos resultados se obtuvieron tras aplicar un protocolo de pulido estandarizado a todos los grupos, mostrándonos una variabilidad en la dureza shore D a medida que se eleva el tiempo de polimerización, de igual forma la distribución de la dureza nos permite comprender como diferentes condiciones de procesamiento afectan las propiedades finales del material. En conjunto, estos resultados destacan la importancia de un tiempo adecuado de polimerización y un proceso de pulido uniforme para obtener la máxima dureza y calidad del material.

### 3.3. Análisis estadístico

Proceso de recolectar, organizar, interpretar y analizar datos numéricos o cualitativos con el objetivo de obtener conclusiones y tomar decisiones basadas en esos datos. A través de diversas técnicas estadísticas, se busca entender patrones, relaciones, tendencias y hacer predicciones, siempre basándose en datos empíricos para dicho estudio in vitro.

### 3.4. Rugosidad

El valor p (Prob > F) obtenido es 0.000 que es menor a 0.05. Este valor p indica que no todas las medias son iguales. La prueba de Tukey permite identificar que el GRUPO A-0 MINUTOS es de mayor diferencia con los demás, además los grupos GRUPO E-20 MINUTOS, GRUPO C-15 MINUTOS y GRUPO C-10 MINUTOS son homogéneos estadísticamente.

La desviación estándar refleja la variabilidad en los datos de rugosidad de cada grupo, y nos ayuda a entender cuánto se desvían los valores individuales respecto a la media de cada grupo de polimerización.

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos para Rugosidad

Grupo/Tiempo	Promedio		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
	Total 4 Caras	(um)						
GRUPO A 0 MINUTOS	297.925	20	1,9418	4,473	3,0416	0,60841	0,37	
GRUPO B 5 MINUTOS	23.455	20	1,4305	3,4073	2,3456	0,72081	0,52	
GRUPO C 10 MINUTOS	118.825	20	0,7205	1,7218	1,188337	0,29879	0,089	

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos para Rugosidad

Grupo/Tiempo	Promedio		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
	Total 4 Caras (um)							
GRUPO D 15 MINUTOS	0.898		20	0,47975	1,6403	0,898	0,39372	0,155
GRUPO E 20 MINUTOS	0.8005		20	0,54125	0,94775	0,80025	0,08932	0,008

Por lo tanto, se puede concluir que a medida que aumentan los minutos de polimerización, la desviación estándar tiende a disminuir, especialmente después de los 10 minutos, lo que indica una reducción en la variabilidad de la rugosidad. Esto sugiere que tiempos de polimerización más largos contribuyen a una mayor homogeneidad en la superficie de la resina Prisma Bio Crown. En particular 20 minutos parecen proporcionar la mayor estabilidad en términos de rugosidad, lo cual es deseable en aplicaciones donde se requiera una superficie uniforme y consistente. Este patrón sugiere que, para obtener una superficie óptima, el tiempo de polimerización debería ser de al menos 20 minutos para minimizar la variabilidad en la rugosidad. Como se muestra en la **tabla 3**.

### 3.5. Dureza

El valor p (Prob > F) obtenido es 0.000 que es menor a 0.05. Este valor p indica que no todas las medias son iguales. La prueba de Tukey permite identificar que el GRUPO A-20 MINUTOS es el que presenta mayor diferencia con los demás, además de que el GRUPO C-10 MINUTOS, GRUPO C-10 MINUTOS Y GRUPO A-0 MINUTOS es un grupo homogéneo.

La prueba estadística tanto de rugosidad como de dureza indica que existen diferencias significativas entre los tiempos de tratamiento de las muestras por lo que en ambos casos se aceptaría el postulado que existe efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D.

En resumen, el estudio demuestra que un aumento gradual en el tiempo de polimerización conduce a una mejora en la dureza Shore D y una reducción en la rugosidad superficial de la resina Prisma Bio Crown, subrayando la relevancia crítica de este parámetro en la calidad del material. Con relación al tiempo de curado y el protocolo de acabado y pulido aplicado.

En la **tabla 4** de resultados para la Dureza Shore D, la desviación estándar en cada grupo de polimerización nos ayuda a entender la variabilidad en la dureza de la resina bajo diferentes tiempos de polimerización

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos de dureza

Grupo/Tiempo	Promedio (SHORE)	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
GRUPO A 0 MINUTOS	92.88	20	91,5	95	92,875	1,1571	1,339
GRUPO B 5 MINUTOS	89.6	20	87,5	91,5	89,6	1,1192	1,253
GRUPO C 10 MINUTOS	92.22	20	90,5	94,5	92,225	1,0321	1,065
GRUPO C 15 MINUTOS	92.6	20	91	94	92,6	0,91191	0,832
GRUPO E 20 MINUTOS	93.9	20	93	95	93,9	0,5758	0,332

Por lo tanto, se puede concluir que, al igual que en los resultados de rugosidad, se observa que la desviación estándar disminuye progresivamente con el aumento del tiempo de polimerización. Este patrón sugiere que tiempos de polimerización más largos no solo reducen la variabilidad en la rugosidad, sino también en la dureza Shore D de la resina. Los resultados indican que, para obtener una dureza uniforme y óptima, 20 minutos de polimerización serían ideales, ya que ofrecen la menor variabilidad, sugiriendo un endurecimiento completo y estable de la resina. Como se muestra en la **tabla 4**. Entonces, este análisis apoya la conclusión de que aumentar el tiempo de polimerización mejora la consistencia de la dureza Shore D, proporcionando una mayor estabilidad y uniformidad en la estructura de la resina Prisma Bio Crown.

#### 4. Discusión

El presente estudio reveló que la dureza Shore D de la resina Prisma Bio Crown puede ser significativamente influenciada por el tiempo de curado. Este hallazgo se alinea con la investigación de Castellanos et al. (20) quien subrayó el impacto del proceso de post producción en la optimización de las propiedades mecánicas de los materiales impresos en 3D. Este resultado sugiere que el tiempo de curado juega un papel crucial en la determinación de la dureza Shore D de la resina Bio Crown, lo que tiene implicaciones importantes tanto para la calidad, así como para la durabilidad de las restauraciones dentales fabricadas con este material. Además, estos hallazgos resaltan la importancia de considerar cuidadosamente los procedimientos de post producción, como el tiempo de curado y protocolo de acabado y pulido, para garantizar propiedades mecánicas óptimas en las restauraciones fabricadas con resinas 3D (20) (21) (22).

Asimismo, los análisis de rugosidad realizados revelan una mejora significativa en la rugosidad superficial de la resina con la aplicación de un protocolo de pulido estandarizado (23). Esta observación es coherente con lo que se ha reportado en estudios

previos como el de Jaramillo-Cartagena et al. (21) donde se enfatiza la contribución de los procesos de acabado en la calidad final de las impresiones 3D tanto en dureza shore D, como en la rugosidad superficial. Estos resultados respaldan la importancia de implementar protocolos de manipulación de post impresión. Un correcto protocolo de pulido puede no solo mejorar la estética de las restauraciones dentales, sino también contribuir a su durabilidad y resistencia. Por lo tanto, los hallazgos presentes tienen implicaciones significativas para la práctica clínica en odontología restaurativa, destacando la necesidad de prestar atención a los procesos de acabado y pulido como parte integral del proceso de fabricación de restauraciones dentales con resinas 3D y mejorar su dureza superficial (22) (23) (24).

Los hallazgos se respaldan por investigaciones previas como Park et al. (22) que subrayan la importancia de la influencia del pulido en la dureza de una resina dental, destacando que, aunque las tiras celuloide pueden ofrecer una superficie más lisa, la composición de la capa superficial, predominantemente matriz orgánica, la hace menos densa que la capa subyacente (25).

El proceso de pulido puede impactar la resistencia del material a la deformación. Es esencial considerar el tiempo transcurrido entre la polimerización y el pulido, ya que una polimerización incompleta puede dejar al compuesto más susceptible a los efectos del calor, a pesar de que se estima que el 75% de la polimerización ocurre en los primeros 10 minutos, es crucial reconocer que este proceso de curado continúa durante un período prolongado (26) (27) (28). Además, que a medida que transcurre el tiempo, la fase de matriz superficial madura y se endurece, lo que se traduce en valores de dureza superiores. Este proceso se ve favorecido por la reducción de la matriz durante las etapas de acabado y pulido, lo que contribuye a una mejora significativa en la dureza del material (29).

La investigación realizada por Schweiger et al. (30) destaca factores influyentes en los procesos de fabricación de resinas dentales mediante impresión 3D. En primer lugar, el factor de preimpresión, mismo que es mencionado como un aspecto crucial pues puede afectar las propiedades mecánicas de la resina impresa a largo plazo. Se observa que el deterioro de las propiedades mecánicas por los cambios en los tiempos de polimerización puede disminuir la dureza y aumentar la rugosidad de las resinas impresas en 3D. Esto resalta la importancia de controlar y minimizar los efectos de los cambios del factor de post impresión, específicamente el tiempo de fotopolimerización y su temperatura (30). Un tiempo de fotopolimerización ideal va de 10 a 20 minutos, junto con una temperatura más elevada, ya que pueden mejorar las propiedades mecánicas de la impresión. Los resultados obtenidos revelaron que un tiempo de fotopolimerización de 20 minutos produjo la dureza Shore D más alta registrada, esto indica una mejora significativa en las propiedades mecánicas del material como mayor resistencia a la deformación y una mejor capacidad para soportar cargas masticatorias.

Finalmente, Soto-Montero et al. (28) nos mencionan el caso de muchas resinas dentales fotopolimerizables utilizadas en la impresión 3D, las cuales el tiempo de poscurado suele oscilar entre 5 y 20 minutos. Este período de tiempo es necesario para asegurar que la resina esté completamente curada y alcance sus propiedades mecánicas óptimas, incluida la dureza y lisura superficial. Este paso es crucial para mejorar las propiedades físicas del material. Un poscurado adecuado no solo contribuye a la eliminación del exceso de monómero no polimerizado, sino que también puede fortalecer la resistencia y la dureza del material, reduciendo así el riesgo de efectos adversos como la degradación o el desgaste prematuro. Sin embargo, se sugiere seguir las recomendaciones específicas del fabricante en cuanto al tiempo y las condiciones de poscurado para garantizar la calidad y estabilidad de las piezas impresas. Esto puede implicar ajustes en la intensidad y la duración de la exposición a la luz.

## 5. Conclusiones

- La resina Bio Crown exhibe propiedades físicas adecuadas para su aplicación en odontología, destacándose por su consistencia en la dureza Shore D a lo largo de distintos grupos de probetas. Esta uniformidad sugiere una alta calidad del material y una precisión en su proceso de fabricación.
- El proceso de pulido demostró tener un impacto positivo en la reducción de la rugosidad superficial de la resina Bio Crown, lo que mejora su aspecto estético y potencialmente su biocompatibilidad al minimizar la acumulación de placa. Además, se observó un aumento en la dureza en comparación con las probetas no sometidas a un proceso de poscurado.
- Los procesos de pre impresión, post impresión, tiempo de polimerización y protocolo de pulido fueron identificados como factores determinantes en las propiedades físicas del material, especialmente en su rugosidad y dureza Shore D. Estos hallazgos proporcionan una guía para estandarizar estos parámetros y mejorar tanto la estética como la funcionalidad en el procesamiento de la resina Bio Crown impresa en 3D en el ámbito odontológico.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Angie Giovanna Carballo Aguilar<sup>1</sup> diseño y ejecución de la investigación, recolección de datos, ejecución de pruebas de laboratorio, análisis de resultados, revisión crítica de su contenido, así como en la redacción.

Jefferson Omar Coyago Cholango<sup>2</sup> diseño y ejecución de la investigación, recolección de datos, ejecución de pruebas de laboratorio, análisis de resultados, revisión crítica de su contenido, así como en la redacción.

David Gerardo Carrillo Vaca<sup>3</sup> diseño de la investigación, revisión crítica de su contenido, aprobación del informe final.

**Agradecimientos:** P.D. Giovanni D. Carballo por su colaboración en la elaboración de los diseños de las muestras y el uso de sus impresoras 3D permitiendo la ejecución de la investigación.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

1. Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025]; 34(2):192–200. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.003>
2. Jain S, Sayed ME, Shetty M, Alqahtani SM, Al Wadei MHD, Gupta SG, et al. Physical and mechanical properties of 3d-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to CAD/CAM milled and conventional provisional resins: a systematic review and meta-analysis. *Polymers (Basel)* [Internet]. 2022. [citado 15 enero 2025]; 14(13):2691. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/13/2691/htm>
3. Chung YJ, Park JM, Kim TH, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. 3D printing of resin material for denture artificial teeth: chipping and indirect tensile fracture resistance. *Materials (Basel)* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025]; 11(10):1798 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30248955/>
4. Tsolakis IA, Papaioannou W, Papadopoulou E, Dalampira M, Tsolakis AI. Comparison in terms of accuracy between dlp and lcd printing technology for dental model printing. *Dentistry Journal* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 10(10):181. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-6767/10/10/181/htm>

5. Park JM, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. Materials wear resistance of 3D printing resin material opposing zirconia and metal antagonists. *Materials (Basel)* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025];11(6):1043. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29925763/>
6. Borrello J, Nasser P, Iatridis JC, Costa KD. 3D printing a mechanically-tunable acrylate resin on a commercial DLP-SLA printer. *Additive Manufacturing* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025]; 23:374-380. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2018.08.019>
7. Pongwisuthiruchte A, Dubas ST, Aumnate C, Potiyaraj P. Mechanically tunable resins based on acrylate-based resin for digital light processing (DLP) 3D printing. *Scientific Reports* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 12(1):1-10. Disponible en:  
<https://www.nature.com/articles/s41598-022-24667-8>
8. Alshaikh AA, Khattar A, Almindil IA, Alsaif MH, Akhtar S, Khan SQ, et al. 3D-printed nanocomposite denture-base resins: effect of zno2 nanoparticles on the mechanical and surface properties in vitro. *Nanomaterials (Basel)* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 12(14):2451 Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35889675/>
9. Jin G, Gu H, Jang M, Bayarsaikhan E, Lim JH, Shim JS, et al. Influence of postwashing process on the elution of residual monomers, degree of conversion, and mechanical properties of a 3D printed crown and bridge materials. *Dental Materials* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 38(11):1812-1825. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2022.09.017>
10. Alsandi Q, Ikeda M, Nikaido T, Tsuchida Y, Sadr A, Yui N, et al. Evaluation of mechanical properties of new elastomer material applicable for dental 3D printer *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* [Internet]. 2019 [citado 15 enero 2025]; 100:103390. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103390>
11. Myagmar G, Lee JH, Ahn JS, Yeo ISL, Yoon HI, Han JS. Wear of 3D printed, and CAD/CAM milled interim resin materials after chewing simulation. *The Journal of Advance Prosthodontics* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025];13(3):144-151. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.4047/jap.2021.13.3.144>

12. Vásquez-Niño AF, Ochoa-Alzate JR, Osorio-Amariles D, Rodríguez-Quirós HA. Polímeros para fabricación análoga y digital de bases de dentadura: un estudio comparativo de la resistencia flexional, módulo elástico y resistencia a la compresión de sus propiedades mecánicas. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 33(1): 6-16. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-246X2021000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2021000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
13. Morón-Conejo B, López-Vilagran J, Cáceres D, Berrendero S, Pradíes G. Accuracy of five different 3D printing workflows for dental models comparing industrial and dental desktop printers. Clinical Oral Investigations [Internet]. 2023 [citado 15 enero 2025]; 27: 2521-2532. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04809-y>
14. Wada J, Wada K, Gibreel M, Wakabayashi N, Iwamoto T, Vallittu PK, et al. Effect of 3D printer type and use of protection gas during post-curing on some physical properties of soft occlusal splint material. Polymers [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 14(21):4618. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/21/4618/htm>
15. Aydın N, Topçu FT, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Erdemir U. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. Journal of clinical and experimental dentistry [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 13(5), e446–e454 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4317/jced.58011>
16. Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. Dental Materials [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 37(2): 336–350. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2020.11.030>
17. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. Journal of Prosthodontic Research [Internet]. 2013 [citado 15 enero 2025]; 57(4):236-261. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2013.09.001>
18. Jurado CA, Tsujimoto A, Watanabe H, Fischer NG, Hasslen JA, Tomeh H, et al. Evaluation of polishing systems for CAD/CAM polymer-infiltrated ceramic-network restorations. Operative Dentistry [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 46(2): 219-225. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/352870407> Evaluation of Polishing Systems for CAD/CAM Polymer-Infiltrated Ceramic-Network Restorations

19. Castellanos Andrés D, Prieto Serrano J. Factores que afectan a la precisión de los modelos impresos 3D para la fabricación de alineadores: revisión. Ortodoncia española: Boletín de la Sociedad Española de Ortodoncia [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 60(3): 109-119. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9121143&info=resumen&idioma=SPA>

20. Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. BMC Oral Health [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 20(1):1-9. Disponible en:

<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-020-01328-8>

21. Jaramillo-Cartagena R, López-Galeano EJ, Latorre-Correa F, Agudelo-Suárez AA. Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: a systematic review. Dentistry Journal (Basel) [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 9(8):95. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.3390/dj9080095>

22. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. Materials [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 13(18):3970. Disponible en:

<https://www.mdpi.com/1996-1944/13/18/3970/htm>

23. Chávez Sánchez E, Jiménez Mendoza W, Valderrama KM, Carrión CS. Resistencia a la tracción diametral in vitro de cinco cementos dentales usados como cementantes de puentes y coronas en prótesis fijas. Revista Estomatológica Herediana [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 30(2): 94-107. Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1019-43552020000200094&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-43552020000200094&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

24. Hong G, Yang J, Jin X, Wu T, Dai S, Xie H, et al. Mechanical properties of nanohybrid resin composites containing various mass fractions of modified zirconia particles. International Journal of Nanomedicine [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 15:9891-9907. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.2147/IJN.S283742>

25. Gad MM, Fouda SM. Factors affecting flexural strength of 3D-printed resins: a systematic review. *Journal of Prosthodontics* [Internet]. 2023 [citado 15 enero 2025]; 32(S1): 96–110. Disponible en:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jopr.13640>
26. Zhang L, Yu P, Wang XY. Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *Journal of Dental Sciences* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 16(4):1198-1203 Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2021.03.003>
27. Son K, Lee J-H, Lee K-B. Comparison of intaglio surface trueness of interim dental crowns fabricated with SLA 3D printing, DLP 3D printing, and milling technologies. *Healthcare* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 9(8):983. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/8/983/htm>
28. Soto-Montero J, de Castro EF, Romano B de C, Nima G, Shimokawa CAK, Giannini M. Color alterations, flexural strength, and microhardness of 3D printed resins for fixed provisional restoration using different post-curing times. *Dental Materials* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 38(8):1271–82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2022.06.023>
29. Goiato M, Dos Santos M, Antenucci F, Mary R, Prado Ribeiro P. Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la dureza y rugosidad de materiales para rebasados resilentes. *RCOE* [Internet]. 2007 [citado 15 enero 2025]; 12(1–2): 67-72. Disponible en:  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1138-123X2007000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2007000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
30. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D Printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 10(9):2010 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm10092010>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Restricción calórica y miméticos en el envejecimiento

### *Calorie restriction and mimetics in aging*

- <sup>1</sup> Kevin Paúl Díaz Núñez  <https://orcid.org/0009-0003-2719-5848>  
Estudiante de la carrera de medicina, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.  
[kdiaz95852@uta.edu.ec](mailto:kdiaz95852@uta.edu.ec)
- <sup>2</sup> Andrea Carolina Cevallos Teneda  <https://orcid.org/0000-0002-9512-9274>  
Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.  
[ac.cevallos@uta.edu.ec](mailto:ac.cevallos@uta.edu.ec)



#### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 18/01/2025

Revisado: 16/02/2025

Aceptado: 05/03/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3395>

Cítese: Díaz Núñez, K. P., & Cevallos Teneda, A. C. (2025). Restricción calórica y miméticos en el envejecimiento. *Anatomía Digital*, 8(2), 69-88.  
<https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3395>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

**Palabras claves:**

Restricción, calorías, miméticos, envejecimiento, fármacos, longevidad

**Keywords:**

Restriction, calories, mimetics, aging, drugs, longevity

**Resumen**

**Introducción.** El envejecimiento de la población mundial ha impulsado la búsqueda de estrategias para prolongar la salud y retrasar enfermedades relacionadas con la edad. La restricción calórica (RC), que reduce la ingesta calórica sin desnutrición, es la intervención dietética geroprotectora más estudiada. Sin embargo, la dificultad de mantenerla ha dirigido la investigación hacia fármacos que imiten sus efectos, conocidos como miméticos de la restricción calórica (MRC). **Objetivo.** Examinar el potencial de la RC y sus miméticos para retrasar el envejecimiento, evaluando su impacto en la salud y longevidad, y analizando sus bases científicas y posibles aplicaciones terapéuticas. **Metodología.** Revisión bibliográfica cualitativa basada en literatura sobre RC y MRC en relación con el envejecimiento. Se recopilaron datos de bases científicas como PubMed, LILACS y Cochrane, centrados en estudios clínicos de los últimos cinco años. Los hallazgos se sintetizan en una revisión narrativa. **Resultados.** La RC mostró mejoras significativas en salud y longevidad en modelos experimentales y humanos, reduciendo peso, niveles de insulina, temperatura corporal y estrés oxidativo. Promovió la autofagia mediante la inhibición de mTOR y activación de AMPK. Los MRC, como la metformina y rapamicina, también demostraron efectos antienvjecimiento al modular vías de detección de nutrientes y reducir el daño oxidativo, sugiriendo su potencial como alternativas a la RC. **Conclusión.** La RC y sus miméticos, como la rapamicina, mejoran la longevidad y la calidad muscular activando vías clave como AMPK y SIRT1. Aunque actúan de manera distinta, ambos promueven la autofagia y la protección antioxidante, lo que sugiere la necesidad de enfoques combinados para optimizar los efectos antienvjecimiento. **Área de estudio general:** Medicina. **Área de estudio específica:** Endocrinología. **Tipo de estudio:** Revisión Bibliográfica.

**Abstract**

**Introduction.** The aging of the world's population has prompted the search for strategies to prolong health and delay age-related diseases. Calorie restriction (CR), which reduces caloric intake without malnutrition, is the most studied

geroprotective dietary intervention. However, the difficulty of maintaining it has directed research towards drugs that mimic its effects, known as calorie restriction mimetics (CRMs). **Objective.** To examine the potential of CR and its mimetics to delay aging, assessing their impact on health and longevity, and analyzing their scientific basis and possible therapeutic applications. **Methodology.** Qualitative literature review based on literature on CR and CRM in relation to aging. Data was collected from scientific databases such as PubMed, LILACS and Cochrane, focusing on clinical studies from the last five years. The findings are summarized in a narrative review. **Results.** CR showed significant improvements in health and longevity in experimental and human models, reducing weight, insulin levels, body temperature and oxidative stress. It promoted autophagy through mTOR inhibition and AMPK activation. MRCs, such as metformin and rapamycin, also demonstrated anti-aging effects by modulating nutrient-sensing pathways and reducing oxidative damage, suggesting their potential as alternatives to CR. **Conclusion.** CR and its mimetics, such as rapamycin, improve longevity and muscle quality by activating key pathways such as AMPK and SIRT1. Although they act differently, both promote autophagy and antioxidant protection, suggesting the need for combined approaches to optimize anti-aging effects. **General Area of Study:** Medicine. **Specific area of study:** Endocrinology. **Type of study:** Bibliography Review.

## 1. Introducción

El rápido crecimiento de la población mundial que envejece ha generado motivación para la investigación de los mecanismos subyacentes al envejecimiento y la búsqueda de posibles medidas para ampliar la duración de salud y retrasar la aparición de enfermedades relacionadas con la edad (1). Concepto conocido como envejecimiento saludable que integra campos de fisiología del envejecimiento y modulación molecular.

En la actualidad el envejecimiento se reconoce como la contracción gradual del espacio homeodinámico (2). Expresión que surge de la homeodinámica, término en boga que ha reemplazado al de homeostasis, fundamentado en que los sistemas biológicos no son

permanentes o inmutables, ni se hallan en equilibrio, sino son un ajuste continuo y dinámico, donde la capacidad de amortiguación de los sistemas biológicos determina la salud de un organismo. El entendimiento de este aspecto del envejecimiento ha llevado a adoptar estrategias enfocadas en la prevención (3).

En el campo de dichas intervenciones preventivas, la reducción sostenida de la ingesta calórica sin desnutrición denominada restricción calórica RC, se ha consolidado como la intervención dietética geroprotectora mejor estudiada (4). La restricción calórica tiene como objetivo principal incrementar la longevidad o esperanza de vida, pudiendo las intervenciones dietéticas reducir la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles (5). Principalmente aquellas asociadas a la hipernutrición crónica (4). Uno de los factores más relevantes en el surgimiento de enfermedades crónicas asociadas con la edad, como obesidad, diabetes mellitus tipo II y enfermedades cardiovasculares (6).

Hoy en día se encuentran en investigación y desarrollo algunos fármacos dirigidos a retrasar los mecanismos celulares y moleculares asociados con el envejecimiento, tales como la disminución de la remodelación y la autofagia o el incremento de metilación de proteínas, estos fármacos se conocen como imitadores de restricción o miméticos de restricción calórica MRC, que surgen como una opción relevante a considerar ante la dificultad de mantener de forma consistente la RC (7). Estos compuestos a pesar de tener niveles de evidencia limitada y no haber iniciado ensayos en humanos, merecen especial atención como campo de investigación, por lo cual se incluyen en este estudio.

## 2. Metodología

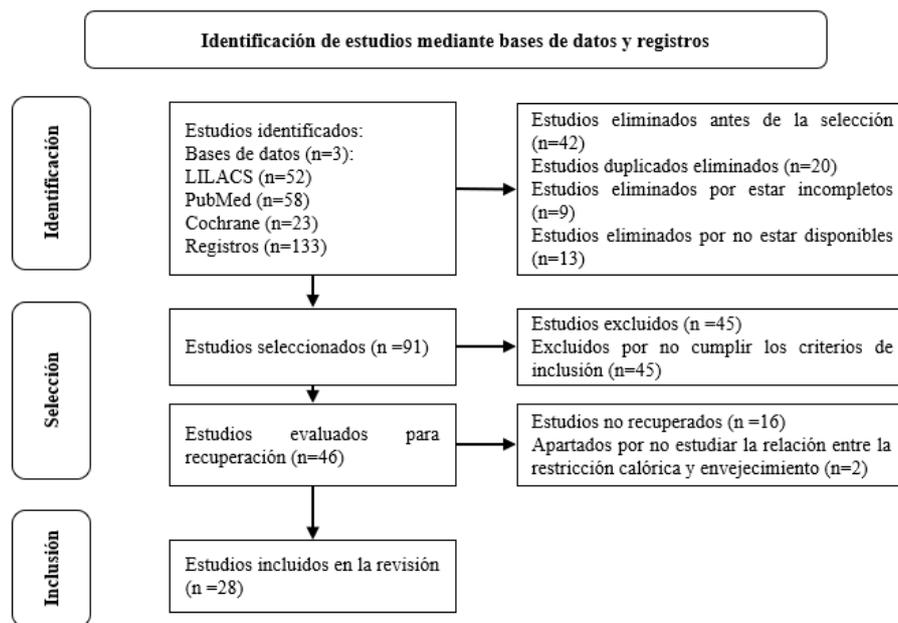
Estudio diseñado con un enfoque cualitativo basado en una revisión narrativa de la literatura científica, con el propósito de analizar y sintetizar la evidencia disponible sobre la restricción calórica (RC) y sus miméticos (MRC) en relación con los procesos de envejecimiento y determinar si existe una correlación positiva entre la restricción calórica o el uso de miméticos de la restricción calórica y un envejecimiento saludable. Con el fin de validar o descartar la mencionada hipótesis se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de información en bases de datos científicas reconocidas, incluidas PubMed, LILACS, Cochrane Library, Scopus y Web of Science. La estrategia de búsqueda se construyó utilizando el algoritmo ((Aging) OR (Envejecimiento)) AND ((Caloric Restriction) OR (Restricción calórica)) AND ((Caloric Restriction Mimetics) OR (Miméticos de restricción calórica)).

Los criterios de inclusión considerados fueron: publicaciones en inglés o español que abordaran la RC, los MRC y su relación con el envejecimiento; estudios realizados en poblaciones adultas sanas; y trabajos publicados en revistas científicas entre diciembre de 2019 y diciembre de 2024. Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios que combinaban intervenciones dietéticas, como el ayuno intermitente o el ejercicio, sin un análisis

independiente de la RC o los MRC. Asimismo, se descartaron publicaciones con bajo rigor metodológico, duplicados y estudios enfocados en poblaciones con comorbilidades que pudieran influir en los resultados.

La selección de estudios siguió un proceso riguroso en varias etapas. En primer lugar, se eliminaron los artículos duplicados utilizando software especializado. Posteriormente, se realizó una revisión inicial del título y el resumen de cada artículo, evaluando su relevancia en función de criterios previamente establecidos. Los estudios seleccionados pasaron a una revisión exhaustiva del texto completo, durante la cual se verificó su adecuación al marco metodológico y los objetivos del estudio, “como se muestra en la figura 1”.

Los estudios relevantes se obtuvieron en texto completo para su revisión. Los hallazgos son presentados en forma de una revisión narrativa que cubre la información actual disponible sobre los efectos de CR en el envejecimiento de la población general.



**Figura 1.** Flujograma de selección de artículos

### 3. Resultados

#### Restricción Calórica

La restricción calórica es una intervención no farmacológica ni genética propuesta en modelos experimentales, capaz de incrementar la esperanza de vida y mejorar la salud. Consiste en la reducción crónica de la ingesta calórica total sin llegar a la desnutrición (8). Se la reconoce también como una reducción sostenida en la ingesta de energía de los

requerimientos energéticos previos a la intervención, mientras se mantiene un suministro de nutrientes suficiente para lograr la estabilidad de peso (9).

En humanos se ha documentado que la RC tiene la capacidad de contrarrestar ciertas alteraciones relacionadas con la edad. En adultos sanos sin patologías subyacentes, mejoró la calidad de vida al ocasionar una pérdida de peso de entre el 10% y el 13%. Los niveles de insulina, la temperatura corporal, el gasto energético en reposo, la actividad del eje tiroideo y el estrés oxidativo se redujeron (8). La justificación para iniciar RC es disminuir la tasa metabólica, energía empleada por el organismo en reposo para mantener las funciones corporales (9).

Los programas de restricción calórica por lo general pueden durar de 24 horas a 3 semanas y se caracterizan por proporcionar el 30% de las demandas totales de energía (10). Los niveles típicos de RC en ratones y ratas oscilan entre el 10 y el 50%, mientras que en humanos la mayoría de los estudios apuntan a una RC del 10 al 25 % por día, la RC sin alteraciones temporales significativas de los patrones alimentarios diarios se puede lograr reduciendo el tamaño de las comidas (4). La RC consiste en reducir la disponibilidad de calorías en hasta un 50%, sin embargo, sus límites deben entenderse bien antes de aplicarla a un humano (11).

### Otras intervenciones dietéticas:

#### Ayuno

El término ayuno intermitente incluye diferentes programas dietéticos a corto y largo plazo con ciclos regulares entre el momento de comer y el ayuno. (9). Es un término vagamente definido que se aplica a diferentes regímenes de ayuno arrítmico, rítmico o recurrente, en los que la reducción de calorías no se logra reduciendo el tamaño de las comidas, sino saltándose una o varias comidas consecutivas. Se caracteriza por un cambio metabólico de la dependencia de la glucosa a la metabolización de los lípidos, el uso de ácidos grasos libres y la producción de cuerpos cetónicos en el hígado. Inicia de forma gradual después de 12 a 36 h de abstinencia de alimentos, dependiendo del almacenamiento basal de glucógeno hepático, los niveles de actividad y otros factores (4). Existen varios tipos de ayuno intermitente con duraciones desde 12 horas comiendo y 12 horas de ayuno, hasta 4 horas comiendo y 20 horas de ayuno o se puede aplicar semanalmente con 5 días de comida y 2 días de ayuno (12).

La alimentación con restricción de tiempo es un patrón de alimentación que implica restringir la ingesta de alimentos a períodos de tiempo específicos del día, generalmente entre 8 y 12 h cada día. El ayuno en días alternos implica no consumir calorías en los días de ayuno y alternar los días de ayuno con un día de ingesta ilimitada. El ayuno modificado en días alternos consiste en consumir menos del 25% de las necesidades energéticas

iniciales en días de “ayuno”, alternados con un día de ingesta de alimentos sin restricciones. El ayuno periódico hace referencia a ayunar únicamente uno o dos días a la semana y consumir alimentos ad libitum (a libre demanda) entre 5 a 6 días a la semana (5). La restricción dietética, describe más bien la restricción de macronutrientes (p. ej., proteínas, carbohidratos y aminoácidos) en lugar de la ingesta general de alimentos (4).

### **Envejecimiento**

La salud y supervivencia de un organismo orgánico es un proceso de equilibrio dinámico entre el proceso de daño y reparación, ocurrencia y mantenimiento. El concepto tradicional homeostasis, no contiene procesos dinámicos y la complejidad de interacciones de los sistemas biológicos. Por lo que se ha reemplazado por homeodinámica dado que los sistemas biológicos no son permanentes o inmutables. Sus principales características son el control de daños, respuesta al estrés y remodelación. El envejecimiento se define como la contracción gradual del espacio homeodinámico. Esta comprensión del envejecimiento ha llevado a un cambio en nuestro enfoque de las intervenciones para el envejecimiento (2).

El envejecimiento también se conceptualiza como una disminución gradual de las funciones de los órganos y el cuerpo, que conduce a la vulnerabilidad a los desafíos ambientales y al aumento del riesgo de enfermedad y muerte (7). El envejecimiento se caracteriza por dos aspectos que guardan relación: el mal funcionamiento de procesos biológicos básicos acompañado del paralelo deterioro funcional. Recientemente se ha planteado que el envejecimiento está determinado por nueve procesos biológicos: inestabilidad genómica, desgaste de los telómeros, alteraciones epigenéticas, pérdida de proteostasis, detección desregulada de nutrientes, disfunción mitocondrial, senescencia celular, agotamiento de las células madre y comunicación intercelular alterada (1).

Envejecimiento primario, reconocido como el proceso inevitable relacionado con la tasa metabólica y la acumulación de daño oxidativo. Justifica la reducción de funciones fisiológicas asociadas a la edad debido al gasto energético fundamentado en la teoría de la tasa de vida y al estrés oxidativo consolidado por la teoría del envejecimiento por radicales libres. El envejecimiento secundario abarca el estrés ambiental extrínseco que acelera el envejecimiento primario y aumenta la mortalidad asociada a enfermedades, como estilos de vida poco saludables y enfermedades (13).

### **Restricción calórica como intervención nutricional para el envejecimiento saludable**

#### **Autofagia**

Mecanismos celulares relacionados con la autoalimentación que favorece que las células puedan eliminar proteínas agregadas y mal plegadas, así como orgánulos lesionados. Investigaciones a nivel molecular revelan que niveles bajos de energía y la privación de

nutrientes esenciales como glucosa y aminoácidos pueden conducir al agotamiento de ATP e inducción de la autofagia (10)

La autofagia es el mecanismo de remodelación de células eucariotas mediada por lisosoma a través del cual se reciclan sus componentes dañados o disfuncionales. Se ha demostrado que la RC promueve la autofagia y se cree que el mecanismo por el cual se relaciona este proceso y las vías de detección de nutrientes es la vía del objetivo de la rapamicina mTOR, una serina/treonina quinasa. La deficiencia de nutrientes que se produce durante la RC inhibe la vía mTOR y regula negativamente mTOR1, esta última se encarga de inhibir la autofagia por medio de la fosforilación e inhibición del complejo ULK (12).

La autofagia está regulada por señales de detección de nutrientes. La señalización de la autofagia está modulada principalmente por vías de señalización de detección de nutrientes. La insulina y el IGF (factor de crecimiento similar a la insulina) inducen la activación de la señalización del objetivo de la rapamicina (mTOR) en los mamíferos e inhiben el inicio de la autofagia. La activación de la proteína quinasa activada por AMP (AMPK) mediante un aumento de la relación AMP/ATP durante la inanición aumenta directamente la autofagia e inhibe el complejo mTOR (14).

### **Efectos sobre vías de detección de nutrientes**

En los últimos años las vías de células sensibles a los nutrientes han captado el interés dado su potencial como dianas terapéuticas en la prevención de enfermedades relacionadas con la edad. Se reagrupan principalmente en las vías IGF (factor de crecimiento similar a la insulina) /insulina, TOR (objetivo de la rapamicina) y AMPK (proteína quinasa activada por AMP) (1).

La RC tiene la capacidad de activar a la proteína quinasa activada por AMP (AMPK), misma que inhibe la actividad quinada de (mTOR) un represor de la autofagia (8). Todas las células detectan la disponibilidad de micronutrientes y reaccionan ante una mayor o menor disponibilidad a través de varias vías interconectadas, incluidas las controlados por el objetivo mecánico de la rapamicina (mTOR) y la proteína quinasa activada por AMP (AMPK). Mtor respuesta a aminoácidos y factores de crecimiento. La AMPK, por otro lado, se activa en condiciones de baja energía y estimula la cetogénesis, la oxidación de ácidos grasos, la captación de glucosa y la inhibición de la lipogénesis en varios tipos de células (4).

La acetilación de proteínas es un importante regulador de la autofagia. El mantenimiento de des acetilación rítmica por CR está hipotéticamente relacionado con un aumento de los niveles de NAD<sup>+</sup>. La restricción calórica des acetila histonas H3 y H4. La inanición aguda induce una reducción de la acetilación de proteínas citoplasmáticas en células

mononucleares de sangre periférica, dado que se acopla a la disminución de la acetiltransferasa EP300, así como a la activación de la desacetilasa SIRT 1. Tanto la desacetilación de histonas como la de proteínas citosólicas pueden afectar la expresión y actividad, respectivamente, de proteínas fundamentales para la autofagia. La inhibición de EP300 generalmente resulta en la inhibición de mTORC1 y en la activación de AMPK. Sugiriendo que la desacetilación de proteínas puede provocar una reacción autofágica dominante independiente de otros sistemas reguladores (8).

Se ha demostrado que, la presencia de nutrientes celulares induce la estimulación del receptor de insulina y del IGF-1R generando una cascada de fosforilación que activa AKT que induce el metabolismo de la glucosa a través de GSK-3 $\beta$ , suprime una amplia gama de respuestas celulares. a través del factor de transcripción FOXO (Forkhead box) y estimula la síntesis de proteínas activando TORC1, lo que conduce a la síntesis de proteínas y al crecimiento celular. En contraste cuando la célula se ve privada de nutrientes o en condiciones de baja energía, los niveles de AMPK aumentan e inhiben la síntesis de proteínas a través de TORC1, reduciendo los procesos anabólicos e induciendo la respiración mitocondrial (1).

### **Estrés oxidativo**

Del oxígeno empleado por las mitocondrias para la producción de ATP entre el 1% a 3% genera especies reactivas de oxígeno. Al inducir la RC una desaceleración de la tasa metabólica se prolonga en consecuencia la vida útil al reducir el daño oxidativo a nivel celular y tisular (9) Los elementos reactivos del oxígeno ROS se producen como subproductos cuya acumulación tóxica aumenta el estrés oxidativo en las células conforme avanza la edad, se relaciona con estrés del retículo endoplasmático, estado generado por la acumulación de proteínas mal plegadas (12).

Los niveles elevados de ROS y los productos del estrés oxidativo se relacionan con una disfunción progresiva de las mitocondrias. Puede deberse al daño del ADN mitocondrial o a la oxidación y daño de las proteínas mitocondriales. La falla en los mecanismos de regulación de la producción de ROS en las mitocondrias puede conducir a sus efectos perjudiciales en el envejecimiento y el cáncer (3). La eficiencia mitocondrial se considera beneficiosa porque el consumo de oxígeno mitocondrial es proporcional a la producción de especies reactivas de oxígeno, es decir, el daño oxidativo, por lo cual es trascendental la dinámica mitocondrial (9).

### **Dinámica mitocondrial**

La restricción calórica al disminuir la cantidad de sustratos ricos en energía alivia la fuerza motriz de los protones disminuyendo su fuga al espacio intermembrana de las mitocondrias, además la reducción de proteínas desacopladoras puede reducir la fuga de

protones, a través de estos procesos se disipa menor energía en forma de calor, requiriendo menor cantidad de sustratos ricos en energía (9).

### **Efecto sobre metabolismo energético**

En base a la teoría de la “tasa de vida”, aquellos individuos con tasas metabólicas más elevadas tienen menor esperanza de vida y viceversa. Teniendo en cuenta que es una característica específica de cada especie, no extrapolable. Con la RC la reducción de ingesta calórica se produce más rápido que la reducción del gasto energético, generándose un déficit energético agudo, sin embargo, la masa corporal es proporcional al gasto energético por lo que con el tiempo se aproximan hasta el equilibrio. Dicha reducción de la tasa metabólica puede relacionarse con respuestas hormonales a RC en hormonas tiroideas, leptina e insulina. Dado que las concentraciones de leptina son proporcionales a la masa grasa con la intervención se redujo las concentraciones de la hormona. La adaptación metabólica producto de la RC se relacionó con concentraciones menores de insulina y menor resistencia a la misma (9).

### **RC y senescencia celular**

La RC influye sobre el ciclo celular, su relación subyace en que, debido a la naturaleza energéticamente costosa de la proliferación celular, por lo cual guardan una correlación negativa. Se ha planteado la hipótesis de que la disminución de la proliferación celular con CR aumentará el tiempo que las células pasan en la fase G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> del ciclo celular, donde las células dañadas tendrán más tiempo para reparar el ADN antes de entrar en la fase S. Por otro lado, aumento de la proliferación celular se ha asociado con un menor tiempo para la reparación del ADN, lo que aumenta el riesgo de una síntesis no reparada del ADN, lo que eventualmente aumenta el daño al ADN (12).

### **Miméticos de restricción calórica**

Se ha dedicado un interés considerable a identificar compuestos farmacéuticos o suplementos dietéticos que produzcan efectos similares a los de la RC, esto dado que las intervenciones antienvjecimiento requieren disciplina y esfuerzos sostenidos. Es así como, se ha demostrado que varios compuestos orgánicos modulan las vías antienvjecimiento de manera similar a la RC y el ayuno intermitente y se los conoce como miméticos de RC (7).

Los miméticos de la restricción calórica MRC se definen como compuestos que activan la autofagia al promover la desacetilación de proteínas celulares. Por lo que, entre los criterios para considerarse como MRC están: 1. Agotar AcCoA, 2. Inhibir las acetiltransferasas y 3. Estimular desacetilasas. (8). Son compuestos farmacológicamente activos que imitan algunos efectos similares a los de RC en células y organismos (4).

Además, pueden proporcionar condiciones similares a las de restricción calórica sin la necesidad de dietas estrictas (10).

El concepto de miméticos de RC (MRC) fue propuesto por primera vez en 1998 en un estudio de 2-desoxi-D-glucosa. Convencionalmente se clasifican como ascendentes, aquellos que suprimen la producción de energía, y de tipo posterior los que regulan o modulan genéticamente las proteínas de señalización intracelular (15). Los criterios para definir los miméticos de la restricción calórica inicialmente son los siguientes: capacidad de imitar los efectos metabólicos, hormonales y fisiológicos de la restricción calórica; activar las vías de respuesta al estrés que se presentan en la RC y mejorar la protección frente al estrés. En este contexto los principales candidatos son inhibidores del metabolismo de grasas y carbohidratos a nivel intestinal, inhibidores de la glucólisis intracelular, estimuladores de la vía AMPK, activadores de sirtuina, inhibidores de la vía mTOR y poliaminas (16).

Metformina, biguanida sintética, fármaco antidiabético eficaz por vía oral y sensibilizante a la insulina primera línea para el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Compuesto que atrae la atención dados sus efectos mediados por la proteína quinasa activada por AMP (AMPK). Inhibe transitoriamente la cadena respiratoria mitocondrial, aumenta la relación AMP/ATP intracelular y activa la AMPK, lo que mejora el metabolismo de la glucosa (13). Esto por medio de 3 mecanismos: activación alostérica mediante la unión de AMP a la subunidad Y, promoción de la fosforilación de Thr-172 e inhibición de la desfosforilación de Thr-172 (17).

La evidencia respalda que la metformina puede aumentar la activación de AMPK al modular la producción de ATP en las mitocondrias y dado que la AMPK está regulada a la baja en muchos tipos de enfermedades metabólicas, la metformina mostró un efecto beneficioso particular en varias enfermedades metabólicas relacionadas con la edad (14).

Inhibidores del cotrasportador sodio glucosa2 (SGLT2) incluyen canaglifozina, dapaglifozina y empaglifozina. El cotransportador de sodio-glucosa (SGLT)-2 es una proteína integral de membrana codificada por el gen SLC7A2, que transporta la glucosa a través de las membranas celulares del riñón, su mecanismo de acción implica la inhibición de SGLT-2 en los túbulos renales proximales y la promoción de la excreción urinaria de glucosa mediante la inhibición de la reabsorción de glucosa. La glucosuria inducida produce una pérdida de aproximadamente 200 kcal/día, promoviendo así una pérdida de peso constante y genera un cambio progresivo hacia la utilización de sustratos grasos dando lugar a una marcada cetogénesis (13)(18).

Los inhibidores de SGLT2 activan un estado catabólico similar al ayuno, reduciendo la señalización de insulina al disminuir la glucemia. El bajo nivel de insulina aumenta la lipólisis, donde los ácidos grasos se someten a betaoxidación hepática, generando cetonas

que pueden ser usadas por células de alta actividad metabólica para la producción de energía (19).

Las vías mTOR, AMPK y sirtuina-1 (SIRT1) son moduladores clave en el proceso de envejecimiento. La proteína quinasa mTOR es un regulador fundamental del crecimiento y el metabolismo celular, se trata de una serina-treonina quinasa de la familia relacionada con la fosfatidilinositol-3-OH quinasa, está controlada por nutrientes y hormonas y está mediada por la formación de dos complejos: el complejo mTOR 1 y mTOR 2, ambos relacionados con el envejecimiento, se estimula en respuesta al incremento de insulina e IGF1. La proteína quinasa activada por AMP (AMPK) es un sensor del estado energético de la célula, se activa en respuesta al aumento de la relación AMP/ATP (18).

Los SGLT2i activan la AMPK, mediante la inhibición del complejo I de la cadena respiratoria mitocondrial, incrementando los niveles de AMP celular y activando alostéricamente la AMPK a través de la fosforilación en Thr-172 por la quinasa hepática B1 (LKB1). Se ha planteado que la de AMPK y la regulación positiva de adiponectina suprimen la inflamación crónica. La regulación negativa de las vías de insulina/IGF1 y la señalización de mTOR a partir de una reducción de la glucosa y los aminoácidos circulantes promueven mecanismos de reparación celular que incluyen la autofagia y la proteostasis, que confieren resistencia al estrés celular y atenúan la senescencia celular (19).

Rapamicina, inicialmente descrita como fármaco inmunosupresor, hoy en día referido como un compuesto MRC. Se ha demostrado que la rapamicina se une directamente entre FKBP12 y las subunidades de mTOR quinasa de mTORC1, causando la inhibición de mTOR y su vía de señalización posterior, llamando considerablemente la atención porque la actividad y expresión de mTOR aumentan significativamente en el envejecimiento y en las enfermedades relacionadas con la edad (14). La rapamicina, en complejo con la proteína de unión a FK506 de 12 kDa (FKBP12), actúa inhibiendo la señalización mTOR y, por lo tanto, protege el músculo envejecido de la atrofia y la pérdida de calidad muscular al reducir el estrés oxidativo mitocondrial y el daño celular relacionado con la edad avanzada (20). Estos efectos de la rapamicina sobre la longevidad, explicados a través de la activación de la autofagia mediada por la inhibición de mTORC1, sugieren que la rapamicina podría usarse como un fármaco anti-envejecimiento. Sin embargo, la rapamicina también presenta importantes efectos inmunosupresores que limitan su uso (21).

La rapamicina se descubrió como un agente antifúngico, y luego se identificó su actividad inmunosupresora y anticancerígena al inhibir el objetivo mecanicista de la rapamicina (mTOR), proteína que pertenece a la familia de fosfatidil 3 quinasa PI3K que regula no solo el crecimiento y la proliferación sino también el metabolismo y el envejecimiento. mTOR forma dos complejos proteicos distintos, mTORC1 y mTORC2; el primero es muy

sensible a la rapamicina, mientras que el segundo sólo es crónicamente sensible a la rapamicina (2).

#### 4. Discusión

Como se propone en el estudio actual la RC es una intervención capaz de incrementar la esperanza de vida y mejorar la salud en modelos experimentales (7). Una investigación realizada en *C. elegans* como modelo experimental demostró que una mezcla de 15 compuestos identificados como MRC por marcadores transcripcionales, generó un aumento porcentual significativo de la longevidad de hasta un 15% en la población estudiada. Además, muestra la seguridad de la intervención ya que la mezcla fue empleada durante 18 meses sin crear diferencias en la mortalidad o morbilidad entre ninguno de los grupos (22).

En base al presente estudio que expone como la RC tiene la capacidad de activar AMPK, misma que inhibe la actividad mTOR, represor de la autofagia (7). Se ha demostrado que la RC promueve la autofagia y como se cree el mecanismo por el cual guardan relación con la detección de nutrientes es por medio de mTOR. Sin embargo, de acuerdo con el estudio la RC mejora la función y la calidad del músculo esquelético independientemente de la supresión de mTOR, dado que la inducción mediada por RC de genes de mantenimiento somático *Xbp1* se asoció con acumulación de p62 y mayor integridad del músculo esquelético. Lo que destaca que la supresión mTOR1 no es la única responsable de los efectos beneficiosos de la RC en la homeostasis muscular (23).

Como se expresa durante el estudio algunos MRC como la rapamicina actúan inhibiendo la señalización de mTOR, lo cual protege el músculo envejecido de la atrofia y la pérdida de calidad muscular al reducir el estrés oxidativo mitocondrial y el daño celular relacionado con la edad avanzada (20). Sin embargo, un estudio comparativo entre RC y rapamicina demuestra que ejercen efectos distintos, no superpuestos y frecuentemente aditivos en el envejecimiento del músculo esquelético (23). El fracaso de la rapamicina para recapitular los efectos de la RC y viceversa plantea una perspectiva de intervenciones múltiples aditivas. El estudio citado también menciona que el fenotipo muscular más consistente identificado en la investigación es el cambio de propiedad de fibras musculares rápidas a lentas resistentes a la fatiga y más resistentes a la atrofia relacionada con la edad, dicha modificación se aprecia tanto en RC como en la intervención con rapamicina, aunque en esta última de forma menos marcada (23).

En este mismo contexto un estudio realizado en ratones macho encontró que la CR mejoró la composición corporal y proporcionó protección parcial contra el deterioro funcional relacionado con la edad. Las vías enriquecidas por CR en ratones macho apoyan el mantenimiento y la reparación de los músculos y suprimen los procesos asociados con el envejecimiento muscular. La regulación negativa de las vías metabólicas de detección de

nutrientes, incluido mTORC1, dio como resultado un mayor equilibrio y coordinación, sin tener ningún impacto en la cantidad de músculo. Estos resultados respaldan el papel de la rapamicina en el mantenimiento de las características de la función muscular sin la consiguiente pérdida de masa muscular (24).

En concordancia con los resultados del estudio actual que proponen que la autofagia se estimula mediante la inhibición del receptor de rapamicina mTOR. Un estudio de 2021 propone que la RC junto con NPY y grelina que son MRC, estimulan la autofagia a través de la inhibición de PI3K/AKT/ MTOR y la activación de ERK1/2-MAPK autofagia en cultivos primarios de neuronas corticales de rata (25).

El estudio actual identifica las vías mTOR, AMPK y sirtuina-1 (SIRT1) como moduladores clave en el proceso de envejecimiento. Un estudio por medio de transferencia Western mostró que los niveles de proteína CK2 $\alpha$  y CK2 $\beta$  aumentaron en la condición CR. El estudio también indicó de manera importante que CR reguló positivamente CK2 y SIRT1 en el nivel de transcripción, mientras que CK2 reguló positivamente SIRT1 en el nivel postranscripción. CK2, inducida por CR, estimula el inicio de la autofagia y la nucleación al inhibir la vía AKT-mTOR y activar las vías SIRT1-FoxO3a y SIRT1-LKB1-AMPK (26).

En un estudio que agrupó a los participantes en base a su capacidad de reparación de ADN, ya sea baja o alta previo la RC, se hizo evidente que los participantes del grupo bajo tenían un aumento significativo en SIRT1, mismo que participa en la regulación de la reparación del ADN mediante la modulación del estado de acetilación de XPA factor esencial para la reparación por escisión de nucleótidos. Es así como una mayor expresión de ARNm de SIRT1 puede conducir a una mayor desacetilación de XPA y posiblemente a una mayor tasa de reparación del ADN (27).

Como se plantea en el apartado de estrés oxidativo los niveles elevados de ROS se correlacionan con disfunción mitocondrial progresiva, es así que la falla en su regulación se ha relacionado con efectos perjudiciales en el envejecimiento (14). La acumulación de ROS producidos como subproductos incrementa el estrés oxidativo en las células conforme avanza la edad (11). Un estudio que abordaba la influencia de la expresión del ARNm de genes asociados al envejecimiento en PBMC determinó que una de las funciones más relevantes de SIRT3 es controlar la cantidad de ROS en la célula mediante la desacetilación y activación de SOD2, proceso que conduce a una eliminación de ROS, donde el estrés oxidativo estimula a SIRT3 para que desacetile FOXO3, afectando así la biogénesis mitocondrial y dando como resultado mayor protección contra el estrés oxidativo (27).

El estudio actual determina que el daño oxidativo es trascendental en la dinámica mitocondrial y que intervenciones en RC tienen la capacidad de atenuar el daño generado

debido al estrés oxidativo. En este contexto un ensayo clínico que incluía 63 participantes encontró que la intervención con una mezcla de miméticos MRC incrementó el antioxidante y marcador celular GSH al igual que de la relación Glu/Gln, marcador de neurotransmisión excitatoria y bioenergética. El estudio plantea que el déficit de GSH mitocondrial del cerebro se corresponde con alteraciones en la función mitocondrial y la producción de energía (28).

El presente estudio sostiene que varios compuestos orgánicos modulan las vías antienvjecimiento de manera similar a la RC (6). Reconocidos como MRC. Un estudio de 2020 centrado en identificar supuestos miméticos de RC mediante marcadores transcripcionales seleccionaron 15 compuestos integrados en el estudio en una mezcla y se estudió sus efectos en la firma transcriptómica en ratones y gusanos. El estudio extrae que el transcriptoma en corteza cerebral, corazón y músculo esquelético de ratones, tres tejidos reconocidos por estar fuertemente influenciados por el proceso de envejecimiento, cambia producto de la mezcla de micronutrientes, de forma similar a la causada por la RC en relación con el perfil transcriptómico de ratones viejos no tratados (22). Un estudio doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo demuestra que una intervención de 6 semanas con una mezcla de micronutrientes que imitan los efectos biológicos de RC sobre la química cerebral de adultos sanos de mediana edad muestra una tendencia estadística hacia un aumento en NAA/H<sub>2</sub>O en mujeres que toman el suplemento, pero no en hombres. NAA es un supuesto marcador de integridad y función neuronal, lo que sugiere que la suplementación puede tener el potencial de promover la viabilidad y la integridad neuronal, al menos en mujeres (28).

## 5. Conclusiones

- El estudio subraya el potencial significativo de la restricción calórica (RC) y sus miméticos como intervenciones viables para retrasar el envejecimiento y promover una mayor longevidad. A través de la reducción calórica sostenida, se ha demostrado que la RC mejora la salud metabólica, disminuye el estrés oxidativo, y activa mecanismos celulares clave como la autofagia, lo que contribuye a la preservación de la homeodinámica celular y la funcionalidad mitocondrial. Además, la RC modula vías de señalización fundamentales, como las vías mTOR, AMPK y SIRT1, que son cruciales en la regulación del envejecimiento. Por otro lado, los miméticos de la RC ofrecen una alternativa prometedora al replicar los efectos antienvjecimiento de la RC sin la necesidad de adherirse a estrictas restricciones dietéticas, lo que podría hacer más accesibles estas intervenciones a un público más amplio. Sin embargo, aunque los beneficios son evidentes, se requieren más investigaciones para comprender completamente los mecanismos de acción, la seguridad a largo plazo y la efectividad clínica de estas intervenciones en humanos. Este conocimiento podría allanar el camino para

el desarrollo de terapias antienvjecimiento más efectivas y personalizadas en el futuro.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

1. Giacomello E, Toniolo L. The Potential of Calorie Restriction and Calorie Restriction Mimetics in Delaying Aging: Focus on Experimental Models. *Nutrients* [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 13(7): 2346. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34371855/>
2. Liu J. Antiaging agents: safe interventions to slow aging and healthy life span extension. *Natural products and bioprospecting* [Internet]. 2022 [cited 2024 September 15]; 12(1):18. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35534591/>
3. Mehdi M, Solanki P, Singh P. Oxidative stress, antioxidants, hormesis and calorie restriction: The current perspective in the biology of aging. *Archives of gerontology and geriatrics* [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 95:104413. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33845417/>
4. Hofer S, Carmona-Gutierrez D, Mueller M, Madeo F. The ups and downs of caloric restriction and fasting from molecular effects to clinical application. *EMBO molecular medicine* [Internet]. 2022 [cited 2024 September 15]; 14(1): e14418. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34779138/>
5. Napoleão A, Fernandes L, Miranda C, Marum A. Effects of Calorie Restriction on Health Span and Insulin Resistance: Classic Calorie Restriction Diet vs. Ketosis-Inducing Diet. *Nutrients* [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 13(4): 1302. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33920973/>
6. Kraus W, Bhapkar M, Huffman K, Pieper C, Krupa D, Redman L, et al. 2 years of calorie restriction and cardiometabolic risk (CALERIE): exploratory

- outcomes of a multicentre, phase 2, randomised controlled trial. The lancet. Diabetes & endocrinology [Internet]. 2019 [cited 2024 September 15]; 7(9): 673-683. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31303390/>
7. Martel J, Chang S, Wu C, Peng H, Hwang T, Ko Y, et al. Recent advances in the field of caloric restriction mimetics and anti-aging molecules. Ageing research reviews [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 66: 101240. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33347992/>
  8. Madeo F, Carmona D, Hofer S, Kroemer G. Caloric Restriction Mimetics against Age-Associated Disease: Targets, Mechanisms, and Therapeutic Potential. Cell metabolism [Internet]. 2019 [cited 2024 September 15]; 29(3): 592-610. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30840912/>
  9. Most J, Redman L. Impact of calorie restriction on energy metabolism in humans. Experimental gerontology [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 133:110875. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32057825/>
  10. Ros M, Carrascosa J. Current nutritional and pharmacological anti-aging interventions. Biochimica et biophysica acta. Molecular basis of disease [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 1866(3):165612. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31816437/>
  11. Pifferi F, Aujard F. Caloric restriction, longevity and aging: Recent contributions from human and non-human primate studies. Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry [Internet]. 2019 [cited 2024 September 15]; 95: 109702. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31325469/>
  12. Erbaba B, Arslan-Ergul A, Adams M. Effects of caloric restriction on the antagonistic and integrative hallmarks of aging. Ageing research reviews [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 66:101228. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33246078/>
  13. Flanagan E, Most J, Mey J, Redman L. Calorie Restriction and Aging in Humans. Annual review of nutrition [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 40:105-133. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32559388/>
  14. Chung K, Chung H. The Effects of Calorie Restriction on Autophagy: Role on Aging Intervention. Nutrients [Internet]. 2019 [cited 2024 September 15]; 11(12): 2923. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31810345/>
  15. Shintani T, Shintani H, Sato M, Ashida H. Calorie restriction mimetic drugs could favorably influence gut microbiota leading to lifespan extension.

- GeroScience [Internet]. 2023 [cited 2024 September 15]; 45(6): 3475-3490. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37389698/>
16. Ingram D, Roth G. Glycolytic inhibition: an effective strategy for developing calorie restriction mimetics. GeroScience [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 43(3): 1159-1169. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33184758/>
17. Mohammed I, Hollenberg M, Ding H, Triggler C. A Critical Review of the Evidence That Metformin Is a Putative Anti-Aging Drug That Enhances Healthspan and Extends Lifespan. Frontiers in endocrinology [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 12:718942. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34421827/>
18. La Grotta R, Frigé C, Maticchione G, Olivieri F, de Candia P, Ceriello A, et al. Repurposing SGLT-2 Inhibitors to Target Aging: Available Evidence and Molecular Mechanisms. International journal of molecular sciences [Internet]. 2022 [cited 2024 September 15]; 23(20): 12325. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36293181/>
19. Hoong C, Chua M. SGLT2 Inhibitors as Calorie Restriction Mimetics: Insights on Longevity Pathways and Age-Related Diseases. Endocrinology [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 162(8): bqab079. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33857309/>
20. Orenduff M, Coleman M, Glenny E, Huffman K, Rezeli E, Bareja A, et al. Differential effects of calorie restriction and rapamycin on age-related molecular and functional changes in skeletal muscle. Experimental gerontology [Internet]. 2022 [cited 2024 September 15]; 165:111841. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35623538/>
21. Ros M, Carrascosa J. Current nutritional and pharmacological anti-aging interventions. Biochimica et biophysica acta. Molecular basis of disease [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 1866(3):165612. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31816437/>
22. Serna E, Mastaloudis A, Martorell P, Wood S, Hester S, Bartlett M et al. A Novel Micronutrient Blend Mimics Calorie Restriction Transcriptomics in Multiple Tissues of Mice and Increases Lifespan and Mobility in *C. elegans*. Nutrients [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 12(2):486. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32075050/>

23. Ham D, Börsch A, Chojnowska K, Lin S, Leuchtmann A, Ham A, et al. Distinct and additive effects of calorie restriction and rapamycin in aging skeletal muscle Nature communications [Internet]. 2022 [cited 2024 September 15]; 13(1): 2025. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35440545/>
24. Orenduff M, Coleman M, Glenny E, Huffman K, Rezeli E, Bareja A. Differential effects of calorie restriction and rapamycin on age-related molecular and functional changes in skeletal muscle [Internet]. 2022 [cited 2024 September 15]; 165:111841. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35623538/>
25. Ferreira-Marques M, Carvalho A, Cavadas C, Aveleira C. PI3K/AKT/MTOR and ERK1/2-MAPK signaling pathways are involved in autophagy stimulation induced by caloric restriction or caloric restriction mimetics in cortical neurons. Aging [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 13(6):7872-7882. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33714946/>
26. Park J, Jeong J, Bae Y. Protein Kinase CK2 Is Upregulated by Calorie Restriction and Induces Autophagy. Molecules and cells [Internet]. 2021 [cited 2024 September 15]; 45(3): 112-121. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34949740/>
27. Matt K, Hochecker B, Schöller-Mann A, Bergemann J. mRNA expression of ageing-associated genes in calorie reduction is subject to donor variability and can be induced by calorie restriction mimetics. Nutrition and health [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 26(3): 253-262. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32552390/>
28. Masraloudis A, Shenth C, Hester S, Wood S, Prescott A, McGlade E, et al. Supplementation with a putative calorie restriction mimetic micronutrient blend increases glutathione concentrations and improves neuroenergetics in brain of healthy middle-aged men and women. Free radical biology & medicine [Internet]. 2020 [cited 2024 September 15]; 153:112-121. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32335159/>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.

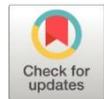


Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Endodoncia regenerativa aplicada: cirugía periapical y selle de perforación radicular con A-PRF y terapia fotodinámica. Reporte de caso

*Applied regenerative endodontics: periapical surgery and sealing of root drilling with A-PRF and photodynamic therapy. Case Report*

- <sup>1</sup> Juan Antonio Soto Zumbana  <https://orcid.org/0009-0006-7776-5716>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
[juan.soto.83@est.ucacue.edu.ec](mailto:juan.soto.83@est.ucacue.edu.ec)
- <sup>2</sup> Rafael Bernardo Piedra Andrade  <https://orcid.org/0000-0002-0247-4950>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
[rpiedraa@ucacue.edu.ec](mailto:rpiedraa@ucacue.edu.ec)
- <sup>3</sup> Miguel Alberto Lugo Pinto  <https://orcid.org/0000-0002-9433-1972>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
[mlugo.odont@gmail.com](mailto:mlugo.odont@gmail.com)
- <sup>4</sup> Felipe Guido Rodríguez Reyes  <https://orcid.org/0000-0001-7253-3162>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
[felipe.rodruiguez@ucacue.edu.ec](mailto:felipe.rodruiguez@ucacue.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 18/12/2024

Revisado: 16/01/2025

Aceptado: 27/02/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3402>

Cítese: Soto Zumbana, J. A., Piedra Andrade, R. B., Lugo Pinto, M. A., & Rodríguez Reyes, F. G. (2025). Endodoncia regenerativa aplicada: cirugía periapical y selle de perforación radicular con A-PRF y terapia fotodinámica. Reporte de caso. *Anatomía Digital*, 8(2), 89-101. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3402>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

**Palabras claves:**

Endodoncia regenerativa, perforación radicular, A-PRF (Fibrina Rica en Plaquetas Avanzada), regeneración tisular, microcirugía apical.

**Keywords:**

Regenerative endodontics, Radicular

**Resumen**

**Introducción:** La preservación de la integridad estructural de la dentición natural permanente es crucial para mantener la funcionalidad y la estética dental, razón por la cual el tratamiento endodóntico quirúrgico representa un último recurso para lograr este objetivo, y su fracaso puede comprometer la supervivencia del diente. Los fracasos endodónticos pueden abordarse mediante retratamiento endodóntico no quirúrgico o quirúrgico. Teniendo entre las causas más comunes de fallos endodónticos se encuentran las perforaciones radiculares también conocidas como aperturas artificiales ocasionadas en las paredes radiculares provocadas por factores iatrogénicos, procesos resortivos entre otros. **Objetivos:** evaluar la eficacia de la fibrina rica en plaquetas (A-PRF) en la cirugía periapical para promover la regeneración ósea y mejorar el pronóstico de dientes con perforaciones radiculares. Además, determinar el impacto en la regeneración ósea tras la cirugía periapical. **Metodología:** se realizó es experimental transversal debido a que se aplica un caso de estudio, tomando la información del paciente antes, durante y después del proceso. **Resultados:** Se obtienen datos referenciales en la literatura que reporta una incidencia de perforaciones entre el 0,7% y el 10%, y el porcentaje de dientes extraídos debido a un fracaso endodóntico con perforaciones se sitúa entre el 2,9% y el 4,2% dependiendo el tiempo transcurrido desde la perforación, el tamaño de la perforación y a que tercio radicular está localizada la perforación siendo el tercio medio o cervical de mal pronóstico. **Conclusiones:** Tomando en cuenta el análisis de estos datos se tiene como resultado que la aplicación del protocolo descrito en este reporte se puede tener como referencia alternativa al fracaso del tratamiento endodóntico no quirúrgico para conservar una mayor cantidad de tiempo una estructura dental funcional en boca. **Área de estudio general:** Odontología. **Área de estudio específica:** Endodoncia. **Tipo de estudio:** Caso clínico.

**Abstract**

**Introduction:** preservation of the structural integrity of the permanent natural dentition is crucial for maintaining dental functionality and aesthetics. Consequently, surgical

perforation, A-PRF (*Advanced Platelet Rich Fibrin*), Tissue regeneration, Apical microsurgery.

endodontics treatment represents a last resort for achieving this objective, and its failure may jeopardize tooth survival. Endodontic failures can be addressed by non-surgical or surgical endodontic retreatment. Among the most common causes of endodontic failures are root perforations, also known as artificial openings caused in the root walls caused by iatrogenic factors, resorptive processes, among others. **The objective** to evaluate the efficacy of platelet-rich fibrin (A-PRF) in periapical surgery to promote bone regeneration and improve the prognosis of teeth with root perforations, Additionally, determine the impact on bone regeneration after periapical surgery. **Methodology** is experimental transversal because a case study is applied, taking information from the patient before, during and after the process. **Results:** reference data is obtained in the literature that reports an incidence of perforations between 0.7% and 10%, and the percentage of teeth extracted due to endodontic failure with perforations is between 2.9% and 4.2. % depending on the time elapsed since the perforation, the size of the perforation and in which root third the perforation is located, with the middle or cervical third having a poor prognosis. Considering the analysis of these data, the result is that the application of the protocol described in this report can be used as an alternative reference to the failure of non-surgical endodontic treatment to preserve a functional dental structure in the mouth for a greater amount of time. **General Area of Study:** Odontology. **Specific area of study:** Endodontic. **Type of study:** Clinical case.

## 1. Introducción

La integridad de la dentición natural es crucial tanto para la funcionalidad como para la estética dental. El tratamiento endodóntico representa uno de los recursos finales para precautelar este objetivo; es por ello por lo que su fracaso puede llegar a comprometer la supervivencia del diente.

Las perforaciones radiculares es una de las causas más comunes de fracasos en tratamientos, también conocidas como aperturas artificiales ocasionadas en las paredes radiculares provocadas por factores iatrogénicos, procesos resorptivos entre otros (1). Esta

comunicación es común en dientes con mal posición, aumentar otros factores como anomalías en anatomía calcificaciones, es decir todos los factores que favorezcan a la complicación tanto de encontrar los orificios de entrada a los conductos, cuanto a la preparación de estos. Una perforación radicular puede llevar a complicaciones periodontales secundarias, que conllevan a problemas de reparación de los tejidos más aun por la microflora presente en el periodonto que provoca que estos errores disminuyan la posibilidad del profesional de eliminar por completo la infección (2). Protocolos han sido presentados para determinar el nivel y complejidad de tratamiento (3), las consecuencias de una perforación radicular pueden dar una reacción inflamatoria secundaria con destrucción de tejido periodontal y hueso alveolar a manera de una reacción celular frente a este estímulo. La tasa de éxito es mayor en casos con perforaciones pequeñas y situadas en los tercios apicales o cervicales, siendo más desfavorable cuando las perforaciones son causadas por piezas de mano de alta velocidad en el tercio medio de la raíz y esta sea sellada años después del origen de esta, sin embargo, el avance de tecnológico instrumental contribuye a mejorar los diagnósticos y la toma de decisiones ofreciendo una mejor predicción al momento del tratamiento (4), desencadenando en última instancia, a la pérdida del diente (5).

Los fracasos endodónticos pueden abordarse mediante retratamiento endodóntico no quirúrgico o quirúrgico (6). Ambos enfoques han demostrado ser igualmente efectivos para tratar fracasos en el tratamiento de conductos (6). Actualmente la microcirugía endodóntica se considera el tratamiento de elección para la periodontitis apical, especialmente en casos donde el retratamiento endodóntico ha fracasado o cuando se presentan lesiones con pérdida ósea significativa que comprometen el pronóstico de las piezas dentarias y/o las regiones anatómicas vecinas. La literatura reporta una tasa de éxito de un 96,8% en lesiones endodónticas y 77% en lesiones endoperiodontales (7). Además, se ha observado que el 53% de las perforaciones radiculares ocurren durante la inserción de postes (5) (6), y que las perforaciones son la causa subyacente en el 4,2% de las extracciones de dientes con tratamiento de conductos (8).

La evidencia actual sugiere que la microcirugía debe ser complementada con técnicas regenerativas para optimizar y asegurar los resultados terapéuticos (7). Por eso los agregados plaquetarios han ganado una gran popularidad en el campo de la regeneración ya que a partir de su base biológica han sido diseñados para ayudar fisiológicamente estructuras dentales afectadas o dañadas, incluyendo la dentina y las estructuras radiculares comprometidas por patologías o lesiones iatrogénicas (9).

El Plasma Rico en Fibrina (PRF) según investigaciones sobre sus efectos biológicos han demostrado que estimula la proliferación celular, con un aumento del 20%, lo que sugiere que sus membranas pueden ser beneficiosas para la regeneración periodontal. Además, aumenta la adhesión y proliferación de osteoblastos y regula la producción de proteínas

relacionadas con el colágeno, promoviendo eficazmente la regeneración, creando un andamiaje entre el tejido afectado y las células que trabajan en la regeneración (10).

Por otra parte, otra forma popular de terapia coadyuvante y estimuladora celular en endodoncia es el uso de luz láser, cuya eficacia de sus propiedades ha sido ampliamente estudiada in vitro, demostrando un valor añadido en la disminución de la carga bacteriana para adecuar de mejor manera los tejidos sin el aspecto negativo de las bacterias con su presencia (11). El primer enfoque en el uso de luz láser consistió en la irradiación directa dentro del conducto radicular, utilizando una longitud de onda específica, como 980 nm. La fototerapia antimicrobiana dinámica se basa en la aplicación de esta longitud de onda, que coincide con el pico de absorción del fotosensibilizador, desencadenando una reacción química que genera elementos con propiedades antimicrobianas (11).

La terapia fotodinámica se define como la "inactivación de células, microorganismos o moléculas inducida por la luz" (12). A su vez se utiliza para la eliminación de microorganismos patógenos mejorando las condiciones de regeneración y reparación. Debido a la falta de accesibilidad de algunos espacios dentro del sistema de conductos no se logra una completa desinfección y a pesar de que la preparación biomecánica es un fundamento básico no llega a ser suficiente para una eliminación necesaria de microorganismos y es aquí donde la asistencia

## 2. Metodología

La investigación es cualitativa, con un estudio experimental transversal debido a que aplica en un caso de estudio donde se aplicó desinfección fotodinámica y las propiedades de la Fibrina Rica en Plaquetas (A-PRF) y se evaluará la acción junto con el control de la infección que se produjo en el caso. Al ser un tipo de investigación transversal se recolecta la información detallada del proceso, historia clínica y radiología completa, además, es necesaria la descripción detallada de la cirugía y seguimiento post operatorio para evaluar la eficacia del procedimiento

## 3. Caso Clínico

Paciente femenina de 32 años, sin compromiso sistémico acudió a consulta en la Clínica de Posgrado de la Universidad Católica de Cuenca con molestias en el diente 2.1. La paciente refirió una sensación palpitante de 2 meses de evolución de escala de dolor leve a moderado; además, se realizan pruebas de sensibilidad pulpar con respuesta negativa. A las pruebas de percusión tuvo una respuesta positiva moderada. Al examen radiográfico se observó una zona radioopaca compatible con endodoncia previamente realizada, se evidencia estructura compatible con perno intraradicular que presenta una desviación hacia mesial con una zona radiolúcida lateral compatible con una lesión periapical asociada a la comunicación con los tejidos periapicales en el tercio medio de la pieza (**figura 1**). Teniendo como diagnóstico pulpar diente previamente tratado y el

diagnóstico periodontal de periodontitis apical sintomática. Durante la anamnesis, la paciente informó haber recibido un tratamiento de conducto en la pieza 2.1. Por fines protésicos en el cual su odontólogo decidió colocar un poste intraradicular para su restauración con corona hace un año aproximadamente.

Una vez realizada la evaluación clínica, se llevó a cabo un estudio tomográfico para obtener una planificación precisa del caso, los resultados revelaron una lesión de dimensiones significativas con un ancho de 3.5mm y una altura de 7.1mm (**figura 1b y 1c**).

En conjunto con el área de postgrado periodoncia e implantología oral de la Universidad Católica de Cuenca y con el consentimiento de la paciente, se determinó como plan de tratamiento cirugía periapical para sellado de perforación, desinfección laser con injerto de hueso (Ostium MAX con Partículas de 0.25 a 1.68mm) y membrana de A-PRF (Advanced Platelet Rich Fibrin). Una hora antes de la cirugía, se administró a la paciente 4 mg de dexametasona. El protocolo de Choukroun para la preparación del A-PRF (Advanced Platelet Rich Fibrin) implica la recolección de 10ml de sangre venosa en tubos *vacutainer* sin anticoagulante, seguida de una centrifugación a 1.300 rpm durante 8 minutos, luego, se separa el A-PRF del plasma pobre en plaquetas y los glóbulos rojos mediante una técnica de separación cuidadosa. Este procedimiento permite la obtención de un concentrado en factores de crecimiento y proteínas que puede ser utilizado en diversas aplicaciones clínicas incluyendo la regeneración tisular y la reparación ósea.

Posteriormente, se realizó técnica infiltrativa con anestésico vasoconstrictor (lidocaína al 2% con epinefrina 1:80000) desde vestibular entre las piezas 1,1 hasta 2,2 y su respectivo refuerzo por palatino. Se realizó una incisión horizontal de 3 mm del margen gingival, desde distal de la pieza 1.3 hasta distal de la 2.3, complementada con dos incisiones verticales, para levantar un colgajo de Windman de espesor total hasta la altura del ápice del diente 2.1.

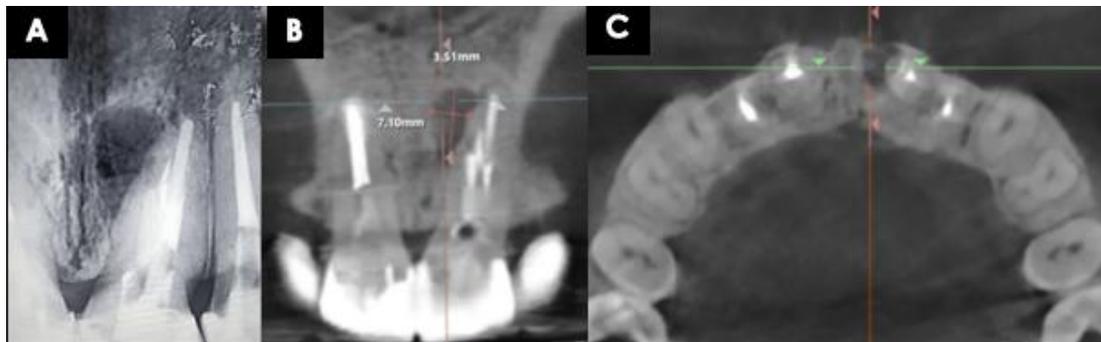
Se procedió a la osteotomía con pieza de mano de baja velocidad y fresa de carburo cilíndrica #702 para liberar la zona de perforación, seguida de curetaje con curetas Gracey #7 para limpiar la zona radicular y enucleación la lesión (**figura 2**).

Posteriormente localizando la zona de la perforación con el uso de azul de metileno para evidencia la presencia de fracturas.

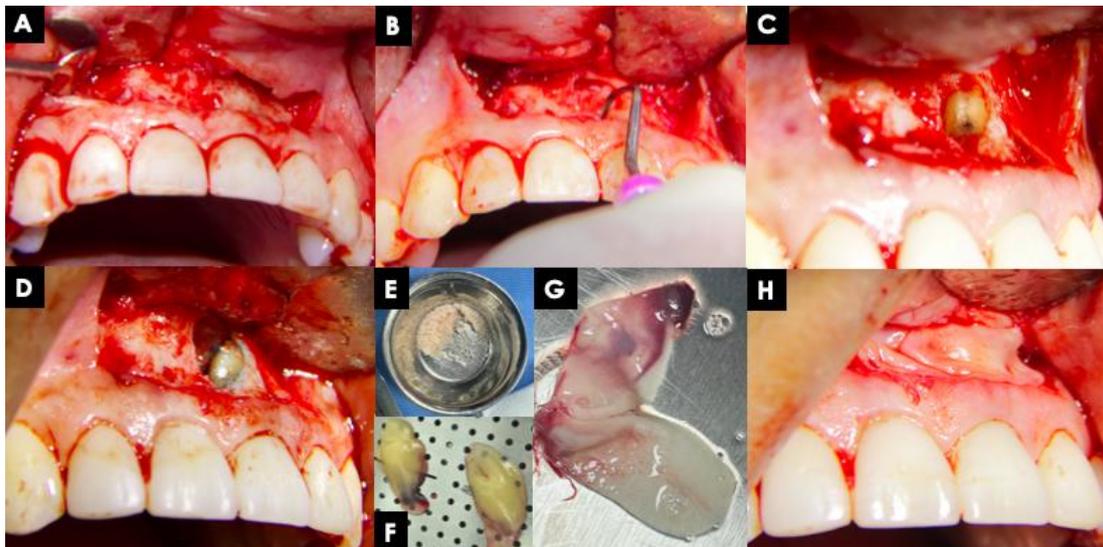
Se realizó una retro preparación con puntas de ultrasonido AS3D y se desinfectó con láser de diodo a una potencia de 980 nm durante 3 minutos. La perforación fue sellada con Bio-C REPAIR (*Angelus*), y se aplicó hueso bovino con plasma de la paciente sobre la zona de la lesión, cubriéndola con una membrana de A-PRF (Advanced Platelet Rich Fibrin) (**figura 2**). Finalmente, se reposicionó el colgajo y se suturó con técnica de punto simple con monofilamento de poliamida no reabsorbible 5-0 y aguja de círculo 3/8. Se

realizó una desinfección cutánea con láser diodo por 1 minuto con 980 nm de potencia y administró 8 mg de ketorolaco intramuscular y se tomó una radiografía final. Se programó controles radiográficos a la semana, al mes, a los tres meses y a los 6.

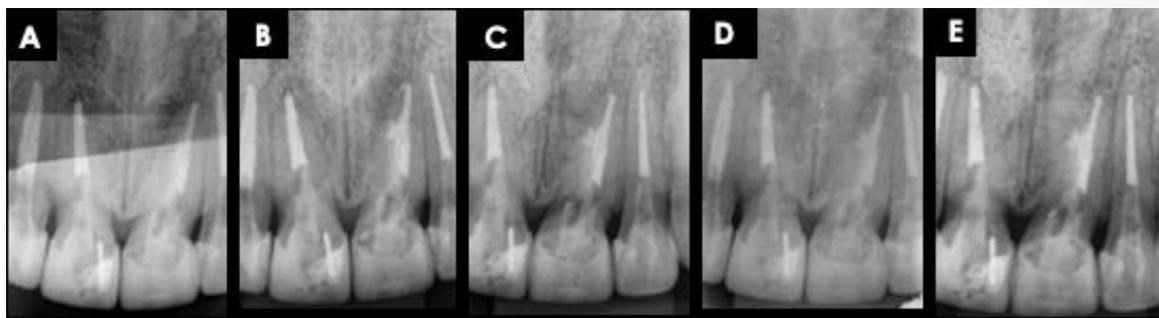
Un mes después de la cirugía, la paciente acudió a la consulta de seguimiento, en la cual se realizaron fotografías extraorales y una radiografía periapical (**figura 3**). En estas evaluaciones se observó una adecuada cicatrización de los tejidos y la ausencia de signos de complicaciones. Posteriormente, a los tres meses de la intervención, se realizó un estudio tomográfico que confirmó el éxito del tratamiento, evidenciando la integración completa del hueso colocado y la ausencia de reaparición de la lesión (**figura 4**).



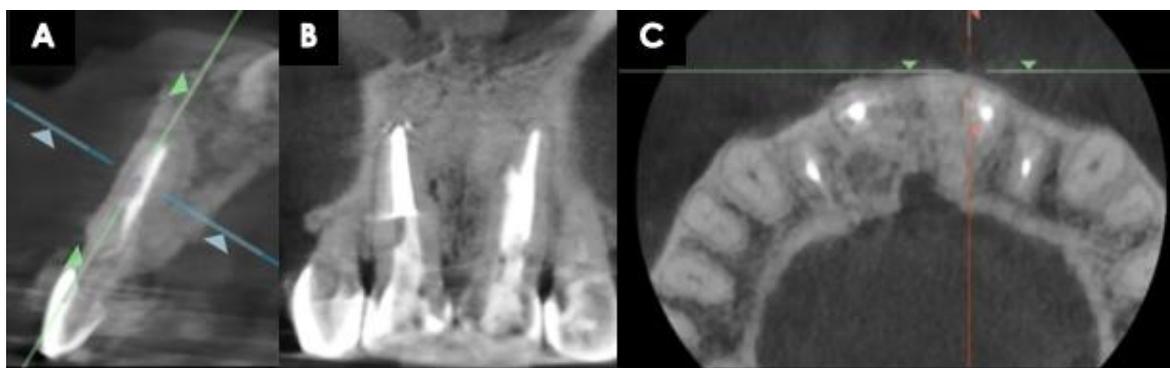
**Figura 1.** 1A: Radiografía periapical inicial evidencia radio lucidez en entre el tercio medio y apical de la pieza dental. 1B: Corte tomográfico coronal que nos proporcionan las medidas de la lesión, (box 5x5); 1C: Corte tomográfico axial se puede observar que la lesión ha comprometido la tabla vestibular.



**Figura 2.** 2A: Apertura de colgajo y osteotomía; 2B: Curetaje de lesión; 2C: Pulverización de poste. 2D: Sellado de perforación con MTA; 2E: Preparación hueso Sticky Bone; 2F y 2G: Membrana A-PRF; 2H: Colocación de hueso y membrana de A-PRF.



**Figura 3.** 3A: Radiografía apical inicial;3B: Control post quirúrgico; 3C: Control 1 mes; 3D: Control 2 meses; 3E: Control 3 meses.



**Figura 4.** Tomografía control 6 meses. 4A: Corte sagital;4B: Corte coronal; 3D: Corte axial de control 6 meses.

#### 4. Discusión

Las perforaciones radiculares pueden ocurrir en cualquier fase del tratamiento de conductos y sus consecuencias pueden incluir una respuesta inflamatoria aguda o crónica en los tejidos periodontales, así como la destrucción del hueso alveolar adyacente, lo que puede comprometer la integridad estructural y funcional del diente afectado.

El estudio de Alrahabi et al. (13) analizan los aspectos de la mala práctica clínica en endodoncia, señalando que las perforaciones en el tercio medio o cervical de la raíz durante un tratamiento endodóntico pueden comprometer significativamente la integridad estructural del diente, lo que puede conducir a la necesidad de una exodoncia si no son susceptibles de restauración. Sin embargo, el caso clínico presentado en este estudio demuestra que, a pesar de un pronóstico inicial desfavorable, es posible lograr una reparación exitosa de los tejidos apicales. Esto resalta la necesidad de continuar investigando y explorando nuevas opciones terapéuticas para abordar situaciones clínicas similares.

Todo tipo de perforación generalmente involucra el paso de microorganismos a los tejidos aledaños, llegando así a la necesidad de extracción. En un estudio de publicado por Malcangi et al. (14), se encontró que aproximadamente el 4.2% de los dientes

tratados endodónticamente requirieron extracción debido a la incidencia de perforaciones.

Los principales factores que influyen en el pronóstico de una pieza dental perforada son el tamaño, ubicación de la perforación y el tiempo transcurrido hasta su sellado y el material utilizado para la reparación. Las perforaciones pequeñas suelen tener un pronóstico más favorable que las grandes. El tiempo es crucial, ya que permite la colonización bacteriana en la perforación, lo que puede llevar a la pérdida de inserción y hueso y la formación de una lesión endoperiodontal. La infección secundaria es el factor más crítico en la determinación del pronóstico (15) (16).

Hay dos opciones al momento de producir o encontrar una perforación que es el sellado o la extracción; si el diente no es posible restaurarlo o el tratamiento endodóntico es imposible de completarse, el paciente debe ser informado acerca de los beneficios de la extracción. En muchos dientes el acceso al lugar de la perforación puede llevar a daños colaterales o falla inminente siendo a la exodoncia la única opción (8).

El diagnóstico de estas complicaciones se puede confirmar mediante tomografía computarizada, lo cual mejora la toma de decisiones y el pronóstico en comparación con imágenes más limitadas, como la radiografía periapical. Factores como el tamaño y la ubicación de la perforación también influyen significativamente en el desenlace clínico.

## 5. Conclusión

- En este caso, se logró superar con éxito una compleja perforación radicular mediante una combinación innovadora de técnicas quirúrgicas avanzadas y biomateriales regenerativos, específicamente el A-PRF (Advanced Platelet Rich Fibrin). Esta intervención no solo selló la perforación, sino que también promovió la regeneración del tejido afectado mejorando significativamente el pronóstico a largo plazo de la pieza dental.
- Este enfoque integral destaca la importancia de combinar materiales biocompatibles y regenerativos con técnicas de microcirugía apical, ofreciendo soluciones efectivas a las complicaciones de tratamientos endodónticos deficientes y mejorar las probabilidades de éxito en casos complejos. De acuerdo con el manejo de materiales y protocolos desarrollados en este caso, el control realizado muestra que este protocolo ofrece una estimulación celular efectiva para el manejo de estos casos con diagnósticos relacionados y complicaciones iatrogénicas que pueden surgir durante las técnicas de preparación biomecánica.
- El uso de A-PRF (Advanced Platelet Rich Fibrin) se revela como una herramienta clave para optimizar y estimular la cicatrización, reducir infecciones posquirúrgicas, basándose principalmente en la ayuda y potencialización celular

reafirmando su papel fundamental en la endodoncia moderna.

- Este caso representa un ejemplo de innovación técnica y un testimonio del futuro prometedor en el tratamiento de desafíos clínicos quirúrgicos, ofreciendo una mayor esperanza conservadora de estructuras dentales propias en la odontología.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

1. Amza O, Dimitriu B, Suciú I, Bartok R, Chirila M. Etiology and prevention of an endodontic iatrogenic event: instrument fracture. *Journal of Medicine and Life* [Internet]. 2020 (citado 12 enero 2025); 13(3): 378-381. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33072211/>
2. Siqueira JF, Rôças iN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *British Dental Journal* [Internet]. 2014 (citado 18 enero 2025); 216(6): 305-312. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24651336/>
3. Chaniotis A, Ordinola-Zapata R. Present status and future directions: Management of curved and calcified root canal. *International Endodontic Journal*. John Wiley and Sons Inc; [Internet] 2022 (citado 18 enero 2025); 55(3): 656-684. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35106792/>
4. Aleixo Alves RA, Gomide Morais AL, Izelli TF, Estrela CR, Estrela C. A conservative approach to surgical management of root canal perforation. *Case Reports in Dentistry* [Internet]. 2021 (citado 28 enero 2025). Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/6633617>
5. Ojeda C. C.A. Perforaciones radiculares: una revisión. *Usta salud* [Internet] 2018 (citado 5 enero 2025); 3(2):92-99. Disponible en: <https://doi.org/10.15332/us.v3i2.1880>.

6. Kruse C, Spin-Neto R, Christiansen R, Wenzel A, Kirkevang LL. Periapical bone healing after apicectomy with and without retrograde root filling with mineral trioxide aggregate: A 6-year follow-up of a randomized controlled trial. *Journal of endodontics*. [Internet] 2016 (citado 5 enero 2025); 42(4): 533-537. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26898567/>
7. Floratos S, Kim S. Modern endodontic microsurgery concepts: a clinical update. *dental clinics of north America*. W.B. Saunders [Internet]. 2017 (citado 7 enero 2025); 61(1): 81–91. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27912820/>
8. Olcay K, Ataoglu H, Belli S. Evaluation of related factors in the failure of endodontically treated teeth: a cross-sectional study. *Journal of Endodontics* [Internet]. 2018 (citado 7 enero 2025); 44(1):38-45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29246376/>
9. Jayadevan V, Gehlot PM, Manjunath V, Madhunapantula S V., Lakshmikanth JSD. A comparative evaluation of Advanced Platelet-Rich Fibrin (A-PRF) and Platelet-Rich Fibrin (PRF) as a scaffold in regenerative endodontic treatment of traumatized immature non-vital permanent anterior teeth: a prospective clinical study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* [Internet]. 2021 (citado 17 enero 2025); 13(5):463-472. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33981393/>
10. Chávez Martínez KM, Yañez Carrasco RA, Pietschmann Santamaria MA, Zatarain Hernández G, Aguado Arzola MM, Alvarado Reyes LA. Cirugía apical y tratamiento periodontal regenerativo: reporte de caso. *Revista de Salud & Vida Sipanense* [Internet]. 2021 (citado 11 enero 2025); 8(2):78-89. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/SVS/article/view/2046>
11. Meire MA, Bronzato JD, Bomfim RA, Gomes BPFA. Effectiveness of adjunct therapy for the treatment of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*. John Wiley and Sons Inc [Internet]. 2023 (citado 15 enero 2025); 56(1): 455-474. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/363870730\\_Effectiveness\\_of\\_adjunct\\_therapy\\_for\\_the\\_treatment\\_of\\_apical\\_periodontitis\\_a\\_systematic\\_review\\_and\\_meta-analysis](https://www.researchgate.net/publication/363870730_Effectiveness_of_adjunct_therapy_for_the_treatment_of_apical_periodontitis_a_systematic_review_and_meta-analysis)
12. Prazmo EJ, Kwaśny M, Łapiński M, Mielczarek A. Photodynamic therapy as a promising method used in the treatment of oral diseases. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* [Internet]. 2016 (citado 15 enero 2025); 25(4):799-807. Disponible en: <https://europepmc/article/MD/27629857/>

13. Alrahabi M, Zafar MS, Adanir N. Aspects of clinical malpractice in endodontics. *European Journal of Dentistry* [Internet]. 2019 (citado 12 enero 2025); 13(3): 450-458. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31795008/>
14. Malcangi G, Patano A, Palmieri G, Riccaldo L, Pezzolla C, Mancini A, Inchingolo AD, Di Venere D, Piras F, Inchingolo F, Dipalma G, Inchingolo AM. Oral piercing: a pretty risk-a scoping review of local and systemic complications of this current widespread fashion. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet]. 2023 (citado 16 enero 2025); 20(9): 5744. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph20095744>
15. Clauder T. (2022). Present status and future directions - Managing perforations. *International Endodontic Journal* [Internet]. 2022 (citado 12 enero 2025); 55(4): 872–891. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.13748>.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35403711/>
16. Vieira GCS, Antunes HS, Pérez AR, Gonçalves LS, Antunes FE, Siqueira JF, et al. Molecular analysis of the antibacterial effects of photodynamic therapy in endodontic surgery: a case series. *Journal of Endodontics* [Internet]. 2018 (citado 16 enero 2025); 44(10): 1593–1597. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0099239918304394>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.

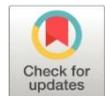


Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Determinación de *Escherichia coli* / *Coliformes spp.* en ceviches de balde del mercado El Arenal en la ciudad de Cuenca, febrero 2024

*Determination of Escherichia coli / Coliforms spp. in street-cart ceviches from the “El Arenal” market in the city of Cuenca, February 2024*

- 1 Sthefany Alexandra Cando Duchitanga  <https://orcid.org/0009-0003-1297-307X>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
Estudiante de facultad de Bioquímica y Farmacia.  
[sthefany.cando.07@est.ucacue.edu.ec](mailto:sthefany.cando.07@est.ucacue.edu.ec)
- 2 Lizbeth Ivonne Daza Vélez  <https://orcid.org/0009-0005-1391-7031>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
Estudiante de facultad de Bioquímica y Farmacia.  
[lizabeth.daza.58@est.ucacue.edu.ec](mailto:lizabeth.daza.58@est.ucacue.edu.ec)
- 3 Silvia Monserrath Torres Segarra  <https://orcid.org/0000-0002-4094-5522>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
[storress@ucacue.edu.ec](mailto:storress@ucacue.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/01/2025

Revisado: 15/02/2025

Aceptado: 24/03/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3403>

Cítese: Cando Duchitanga, S. A., Daza Vélez, L. I., & Torres Segarra, S. M. (2025). Determinación de *Escherichia coli* / *Coliformes spp.* en ceviches de balde del mercado El Arenal en la ciudad de Cuenca, febrero 2024. *Anatomía Digital*, 8(2), 102-117. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3403>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

**Palabras claves:**

Ceviches,  
*Escherichia coli*,  
*Coliformes*,  
Compact Dry EC,  
Mercados

**Keywords:**

Ceviches,  
*Escherichia coli*,  
*Coliforms*, Compact  
Dry EC, Markets.

**Resumen**

**Introducción:** Las ETAs son el principal problema de salud pública a nivel mundial, su origen está en el consumo de alimentos contaminados con materia fecal o mal cocidos. Pudiendo causar enfermedades gastrointestinales a la población, el principal factor de contagio es la mala higiene y la incorrecta manipulación de los productos. **Objetivo:** Identificar la presencia de *Escherichia coli* / *Coliformes spp.* en ceviches de balde del mercado El Arenal en la ciudad de Cuenca. **Metodología:** El estudio se llevó a cabo en los puestos de expendio de ceviches en el Mercado El Arenal tanto en el interior como en los alrededores del lugar, donde se analizaron 30 muestras. El análisis se realizó mediante placas Compact Dry EC que son específicas para el crecimiento de las bacterias estudiadas. **Resultados:** Se identificaron crecimientos de 20,00% para *Escherichia coli* y un 100% de *Coliformes spp.* siendo comparados y reportados correctamente según la normativa NTS No-071 MINSA/DIGESA-V-01. **Conclusión:** Se identificó que en los ceviches de balde que se expenden en el Mercado El Arenal en la ciudad de Cuenca, la presencia de los microorganismos: *Coliformes spp* y *Escherichia coli*, donde se identificó el desarrollo y crecimiento con un porcentaje muy alto de presencia de *Coliformes*. **Área de estudio general:** Bioquímica y Farmacia. **Área de estudio específica:** Inocuidad Alimentaria. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

**Abstract**

**Introduction:** Foodborne diseases (FBD) are the leading public health problem worldwide. They originate from the consumption of food contaminated with feces or poorly cooked. They can cause gastrointestinal diseases in the population, and the main factors of contagion are lack of hygiene and improper product handling. **Objective:** To identify the presence of *Escherichia coli* / *Coliformes spp.* in street-cart *ceviches* (a traditional Ecuadorian chilled soup) from the “El Arenal” Market in Cuenca. **Methodology:** The study was conducted at the *ceviche* stalls of the “El Arenal” Market, both inside and around the place, where 30 samples were analyzed. The analysis was conducted using Compact Dry EC

plates, which are specific for the growth of the bacteria studied.

**Results:** Growth of 20.00% for *Escherichia coli* and 100% of *Coliforms spp.* were identified, compared, and reported correctly according to NTS No-071 MINSA/DIGESA-V-01 standard. **Conclusion:** It was identified that in the street-cart *ceviches* sold in the “El Arenal” market in the city of Cuenca, the presence of microorganisms *Coliforms spp.* and *Escherichia coli* was detected, with an extremely high percentage of *Coliforms* growth and development. **General Area of Study:** Biochemistry and Pharmacy. **Specific area of study:** Food Safety. **Type of study:** Original articles.

## 1. Introducción

Las ETA's (Enfermedades Transmitidas por Alimentos), abarcan un conjunto de enfermedades que pueden manifestarse como una gastroenteritis o inclusive algo más grave como cáncer y son consideradas como un problema de salud pública debido a las alteraciones en la salud de los consumidores y llegan a contribuir con altas cifras de morbilidad y mortalidad (1) (2). Según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2), “aproximadamente 600 millones de personas mueren por contraer ETA's. Entre las principales causas se encuentra el consumo del pescado con una incorrecta cocción o una mala higiene en cuanto a manipulación; y se confirman determinando microorganismos indicadores de higiene como *Coliformes spp* (malas condiciones sanitarias) y *E. coli* (contaminación fecal) (3) (4).

La albacora junto a otras especies de peces, son alimentos primordiales y más consumidos en Ecuador; llegando a ser un gran contaminante debido a su inadecuada manipulación, mal almacenamiento o temperatura inapropiada, o a causa de la transmisión por vectores como la presencia de moscas. Permitiendo que se genere una proliferación elevada de microorganismos, reportándose como un producto no consumible (5).

Los puntos significativos para la disminución o ausencia de la carga bacteriana, es principalmente una buena cocción del alimento y una óptima conservación del pescado previamente eviscerado a una temperatura de 0-4 °C para mantener la cadena de frío (5).

La contaminación microbiológica puede comenzar por la mala higiene del personal, la incorrecta manipulación, tiempo de cocción incompleto, contaminación cruzada,

temperaturas inadecuadas y recalentado. Todos estos factores favorecen a una producción y distribución de alimentos con presencia de *E. coli* y *Coliformes* o sus toxinas, que posteriormente serán consumidos, todos estos aspectos de elaboración provocan el incumplimiento de la calidad sanitaria (6).

Cuando el organismo ha sido invadido, se presentan diversas situaciones, como las infecciones que tiene origen por la replicación de microorganismos en los tejidos. También pueden presentarse intoxicaciones debido a la presencia de toxinas o compuestos químicos en tejidos de animales y las toxicoinfecciones por el consumo de alimentos con alta probabilidad de contener microbios que forman toxinas (7). La sintomatología incluye diarrea súbita con o sin sangre, fiebre, gases, cólicos estomacales, dolor abdominal, vómito y cefaleas. Teniendo en cuenta que los niños menores de 5 años son más vulnerables (8).

### 1.1. *Coliformes spp*

Son bacterias gramnegativas y anaerobios facultativos con ausencia en formación de esporas. También son fermentadores de lactosa a 35°C +/- 2°C con fabricación de gases y ácido. Estos se encuentran en el intestino del ser humano, en alimentos contaminados, en una mala higiene en la elaboración de alimentos o por la falta de higiene ante la presencia de materia fecal. Los microorganismos que pertenecen a este grupo son: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* (6) (8).

### 1.2. *Escherichia coli*

Son bacterias gramnegativas y anaerobios facultativos de la familia *Enterobacteriaceae*. Son comunes en el tracto gastrointestinal, y las enfermedades intestinales son un resultado de intoxicación alimentaria y contaminación de alimentos que pueden o no estar contaminados por materia fecal. Estos microorganismos son de especial preocupación, debido a su resistencia. Además, son bacterias oportunistas que resultan en infecciones graves; cada año mata a 2,6 millones personas inmunosuprimidas de diarrea (9).

La toxina de Shiga es uno de sus factores de virulencia, ya que se une a receptores específicos del intestino, en este caso, el epitelio intestinal. Luego de unirse, se internaliza la toxina por la célula produciendo vesículas. Después, de atravesar la barrera intestinal, se transporta a diversas zonas celulares hasta llegar al retículo endoplasmático donde se da la síntesis de proteínas, donde la toxina actúa como enzima para eliminar el residuo de glucosa en los ribosomas. Por último, se da la inhibición de la síntesis de proteínas porque lleva a la activación celular del estrés del retículo endoplásmico desencadenando la lisis celular o la muerte programada (10).

## 2. Metodología

El presente estudio utiliza un diseño de investigación de corte transversal, con un enfoque observacional descriptivo en el comprendido entre febrero-marzo del 2024. La investigación se realizó con muestras de ceviches de balde del mercado El Arenal ubicado en Cuenca, provincia de Azuay, Ecuador.

El método de muestreo es no probabilístico por conveniencia para seleccionar las muestras de ceviche de balde, se recolectaron aleatoriamente 30 muestras de los puestos de venta en dicho mercado público. Este enfoque permitió obtener un panorama representativo de la calidad del ceviche de balde disponible en este contexto específico, brindando así información relevante para el estudio.

### 2.1. Universo de estudio, tratamiento muestral y muestra

El estudio se realizó en Cuenca, en puestos ubicados tanto al interior como a los alrededores del mercado El Arenal. Este sitio de expendio es conocido por albergar a vendedores que ofrecen ceviches, comúnmente denominados "ceviches de balde".

### 2.2. Toma de muestra

Siguiendo las directrices de la normativa INEN 1529-2:2013, se obtuvieron las muestras de ceviches de pescado en condiciones de higiene y directamente del lugar de origen. Inicialmente, se dispuso una cantidad representativa ( $100\text{cm}^3$ ) de cada muestra en recipientes plásticos estériles sellados herméticos y debidamente identificados con la fecha y número de puesto de recolección. Estos recipientes fueron almacenados en un contenedor a una temperatura controlada de  $5^{\circ}\text{C}$  para su conservación. Luego, las muestras fueron transportadas al laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Universidad Católica de Cuenca en un lapso máximo de una hora, donde se llevó a cabo el análisis correspondiente.

### 2.3. Preparación de la muestra y de las diluciones del presente estudio se realizaron según la normativa INEN 1529-2:2013

La preparación de la muestra se llevó a cabo según la normativa INEN 1529-2 (11).

- Primera dilución (1/10): Con ayuda de una pipeta se recolectó 10 mL de muestra de ceviche con 90 mL de agua de peptona en un frasco estéril. Se homogeneizó.
- Segunda dilución (1/100): Con una pipeta estéril colocará 1mL de la primera dilución en un tubo que contenga 9 mL de agua de peptona.
- Tercera dilución (1/1000): Con una pipeta estéril colocará 1mL de la segunda dilución en un tubo que contenga 9 mL de agua de peptona.
- Luego se realiza la siembra de cada dilución en las placas Compact Dry EC.

#### 2.4. Identificación de *Escherichia coli*/Coliformes

Para llevar a cabo el análisis microbiológico, se emplearon placas Compact Dry EC diseñadas específicamente para la detección de *E. coli* y *Coliformes*. En cada placa, se aplicó 1 mL de cada dilución utilizando una pipeta estéril para cubrir uniformemente la superficie de la placa. Posteriormente, las placas se incubaron a una temperatura de 35-37 °C durante un período de 24 horas. Transcurrido el tiempo, se observaron las colonias resultantes, identificando aquellas de color azul o azul púrpura como indicativas de la presencia de *Escherichia coli*, y las de color rojo, rosa o morado como indicativas de *Coliformes spp*, según indica los lineamientos del fabricante.

Luego, se procedió al conteo de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) para estimar la cantidad aproximada de microorganismos presentes. En ausencia de colonias dentro del período de incubación establecido, se concluyó la prueba y se informa la ausencia tanto de *E. coli* como de *Coliformes*.

#### 2.5. Procesamiento, análisis, resumen y presentación de la información

Para facilitar el manejo de los datos, los resultados obtenidos se registraron en una hoja de cálculo Excel, donde se realizaron análisis estadísticos descriptivos y de frecuencia. Estos análisis se presentaron en forma de tablas de doble entrada, donde se refleja la presencia o ausencia de *E. coli*/*Coliformes*, el recuento de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) para cada muestra analizada, además, se evaluó si las muestras cumplían o no con los criterios establecidos por la Normativa Técnica Peruana NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01 para alimentos hidrobiológicos precocidos y cocidos destinados al consumo directo.

### 3. Resultados

Tras analizar las 30 muestras de los cuatro puestos que venden ceviches en balde en el mercado El Arenal en Cuenca, se determinaron los siguientes hallazgos:

**Tabla 1.** Distribución de la muestra según el tipo de crecimiento de *Coliformes*. Mercado El Arenal – Cuenca, febrero de 2024

Dilución	Crecimiento Positivo	Crecimiento Negativo	Total
1:10	30 (100%)	0 (0%)	30 (100%)
1:100	29 (96,66%)	1 (3,33%)	30 (100%)
1:1000	25 (83,33%)	5 (16,66%)	30 (100%)

Según lo indicado en la **tabla 1**, la presencia de *Coliformes* varía dependiendo de la dilución utilizada. En una dilución de 1:10, todas las muestras presentaron crecimiento de *Coliformes*. En una dilución de 1:100, el 96,66% de las muestras mostraron un

resultado positivo para *Coliformes*. Por otro lado, en una dilución de 1:1000, el 83,33% de las muestras exhibieron un crecimiento positivo de este microorganismo.

**Tabla 2.** Distribución de la muestra según el tipo de crecimiento de *Escherichia coli*. Mercado El Arenal – Cuenca, febrero de 2024

Dilución	Crecimiento Positivo	Crecimiento Negativo	Total
1:10	6 (20%)	24 (80%)	30 (100%)
1:100	2 (6,66%)	28 (93,33%)	30 (100%)
1:1000	0 (0%)	30 (100%)	30 (100%)

Según los resultados de la **tabla 2**, se observa la presencia de *Escherichia coli* difiere según la dilución. En la dilución de 1:10, existe un 20% de proliferación de *Escherichia coli*. En la dilución 1:100, el 6,66% existe un crecimiento de *Escherichia coli*. Mientras que, en la dilución 1:1000 no existe crecimiento.

**Tabla 3.** Distribución de muestras con *E. coli* según cuantificación máxima de la Norma Sanitaria Peruana NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01. Mercado El Arenal - Cuenca, febrero de 2024

Dilución	<10 UFC/g (límite mínimo)	≤ 10 <sup>2</sup> UFC/g (límite máximo)	Total
1:10	24 (80%)	6 (20%)	30 (100%)
1:100	28 (93,33%)	2 (6,66%)	30 (100%)
1:1000	30 (100%)	0 (0%)	30 (100%)

La **tabla 3** evidencia el crecimiento de *E. coli* donde en la dilución 1:10, el 80% está ubicado en el límite mínimo: en la dilución 1:100, el 93,33% no sobrepasa el rango mínimo y en la dilución 1:1000, todas las muestras analizadas están dentro del límite mínimo. Por lo cual, se ha identificado que ninguna de las muestras analizadas supera los límites mínimos y máximos establecidos.

**Tabla 4.** Distribución de muestras con *Coliformes totales* según cuantificación máxima de la Norma Sanitaria Peruana NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-V.01. Mercado El Arenal - Cuenca, febrero de 2024

Dilución	<10 UFC/g (límite mínimo)	≤ 10 <sup>2</sup> UFC/g (límite máximo)	Total
1:10	0 (0%)	30 (100%)	30 (100%)
1:100	0 (0%)	30 (100%)	30 (100%)
1:1000	0 (0%)	30 (100%)	30 (100%)

La **tabla 4** nos indica que en las diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000, desarrollaron proliferación de *Coliformes totales* fuera de los límites establecidos por la Norma Sanitaria Peruana NTS N° 071-N-NINSA/DIGESA- V.01.



**Figura 1.** Resultados del crecimiento de las distintas diluciones realizadas de las muestras recolectadas del Mercado El Arenal, Ciudad de Cuenca

La **figura 1** evidencia el crecimiento de *E. coli* (color azul) y *Coliformes* (color rosa/moradas) en las diluciones de muestras de ceviche del Mercado El Arenal de la ciudad de Cuenca.

#### 4. Discusión

El estudio determinó la presencia de *Coliformes spp* en las diversas diluciones a partir de los ceviches de balde expedidos del mercado el Arenal de Cuenca. Obteniendo que en la dilución 1:10, el 100% existe presencia de este microorganismo esto revela que este microorganismo se encuentra por totalidad en las muestras. Debido a alguna causa de contaminación que se encuentra presente. En la 1:100, se detectó un crecimiento de 96,66% de muestras. Siendo una cifra que es relevante, ya que es un poco inferior a la de la primera dilución, insinuando una prevalencia menos pero aun siendo significativa para causar preocupación.

En cambio, en la dilución 1:1000, se registró de igual manera un crecimiento positivo con un 83,33% de las muestras. Pese a ser inferior a las anteriores diluciones, todavía es un porcentaje alto en cuanto a contaminación por *Coliformes spp*. Estos resultados demuestran que es necesario un adecuado control y prevención para así asegurar la calidad microbiológica de los ceviches comercializados en el mercado y también la seguridad de consumo a la población.

Por otro lado en este análisis a excepción de la dilución 1:10 (20%) y 1:100 (6,66%); se observó una presencia considerable de *E. coli* siendo notorio un riesgo mínimo de contaminación a causa de este microorganismo patógeno en los ceviches; demostrando que la prevalencia de *E. coli* en este alimento no es muy significativa. Teniendo en cuenta que la presencia de estos microorganismos se debe principalmente a una mala higiene

personal (no lavado adecuado de manos), una inadecuada manipulación, como también a una mala cocción del alimento.

A nivel internacional Vasquez (12) en su artículo sobre “Calidad microbiológica del ceviche de leche tigre comercializado ambulatoriamente (Barrio Chicago Trujillo, del 2020)” del 2020; nos habla sobre la calidad microbiológica de la leche de tigre vendida de manera informal en el área de Chicago durante los meses de septiembre y octubre, se evidenció que el 25 % de las muestras de ceviche de leche de tigre arrojaron un resultado positivo para *Escherichia coli*, lo que significa que no es aceptable. Esto señala un nivel significativo de contaminación donde el nivel máximo de recuento no permitido es de  $\geq 10$  NMP/ml (12).

Un trabajo de 2021 realizado por Flores & Mendoza (13) en Perú investigó la presencia de *Coliformes totales* y *Escherichia coli* ceviches con el fin de evaluar las condiciones higiénico sanitarias de elaboración de este alimento, los autores identificaron que el producto no cumple con la calidad necesaria pues, se detectó una presencia de microorganismos patógenos en muestras de ceviche del 63.7% correspondientes a Coliformes totales, siendo niveles que exceden el límite permitido para este país que es de 10 UFC/g. Mientras que en nuestro estudio se encontró un resultado superior de presencia de *Coliformes spp.* en ceviches, con un 100% de muestras positivas en la dilución 1:10, es decir la más concentrada, siendo esto un hallazgo significativo que indica prácticas de higiene inadecuadas durante el desarrollo de este alimento (13).

Por otro lado, al realizar la comparación se observa prevalencias similares en cuanto a *E. coli* pues en el trabajo de Flores & Mendoza (13), reporta que la presencia es de 18,3 % de este microorganismo mientras que en el presente estudio la prevalencia es de 20% los cuales son valores relativamente similares.

Así mismo en un trabajo elaborado por Alva & Moya (14), nos revelan que la inocuidad de los ceviches de pescado y puestos de expendio en el mercado centenario en Huacho no son aceptables, pues según sus análisis el 100% de las muestras examinadas del producto terminado de cinco puestos exhiben contaminación con *Coliformes totales*, superando los límites establecidos por las normativas de la International Commission on Microbiological Specifications for Foods [ICMSF] (2011) (15) y Ministerio de Salud de Perú [MINSA] (2008) (16) utilizadas en este estudio, siendo este resultado similar al de nuestra investigación (14). En relación con la presencia de *Escherichia coli*, reportan que los valores están significativamente por debajo de los límites permitidos esto evidencia que al igual que en nuestra investigación hay mayor probabilidad de encontrar *Coliformes totales* que *E. coli*, en ceviches (14).

Marquis et al. (4) evalúa en su artículo la seguridad microbiología y calidad de ceviches de pescado y otros productos en el condado de Orange, CA; donde obtuvo 105 muestras

de las cuales 35 pertenecían a ceviche de pescado elaborado por vendedores minoristas y obtuvo que el 85,71% corresponde a *Coliformes totales* y el 2,86% a *E. coli*. Mientras que, el 11,43% pertenecen a otras bacterias patógenas. En cuanto a parámetros permitidos menciona que el 48,6% de muestras de *Coliformes* estuvo dentro de los niveles satisfactorios, es decir, que 56,7% representan un riesgo para el consumidor (4).

Los datos obtenidos en la investigación respaldan nuestro hallazgo donde se evidencia que la contaminación por *Coliformes spp.* es mayor en comparación con *E. coli* en los ceviches. Se explica que podría provocarse porque el ceviche, a diferencia de otros platos, incluye ingredientes crudos como el cilantro y los tomates, que pueden introducir *Coliformes* (0,70 a 4,08 log UFC/g y 0,2 a 3,7 log UFC/g respectivamente). Además, otro factor asociado a la mayor concentración de *Coliformes* es la desigualdad en el manejo y la preparación de este plato, destacándose la contaminación cruzada con otros alimentos como un factor importante (4).

En el análisis realizado en Ucayali (Perú) en 2023, por Quispe et al. (17), nos indica que en el pescado *Prochilodus nigricans* conocido como “Boquichico” existe un alto y significativo crecimiento de *Coliformes* totales y fecales, demostrando que sobrepasan los límites establecidos; por lo que, se debe tener en cuenta que no se encuentra en buen estado para el consumo humano y que se debe mejorar las buenas prácticas de manipulación del alimento (17). Los resultados obtenidos en comparación con nuestro estudio son similares en cuanto al crecimiento de *Coliformes*, ya que en ambos estudios destaca un crecimiento bastante elevado de *Coliformes*, indicándonos que en nuestro caso también sobrepasan de los rangos prescritos por la normativa NTS No-071 MINSA/DIGESA-V-01.

En el estudio de León et al. (18) en 2023 abordó la evaluación de la calidad microbiológica de 19 variedades de alimentos recolectados de 187 puestos de venta ambulante ubicados en la ciudad de Cuenca, Ecuador; de las cuales 32 muestras correspondieron a ceviche de pescado de 16 establecimientos de venta, se menciona un incumplimiento del parámetro del 56,2% en cuanto a *E. coli*, lo cual revela un alto porcentaje de contaminación para este alimento (18).

Al contrario de nuestro trabajo que la prevalencia de *E. coli* está representada por un 20% en su dilución más concentrada. Las diferencias están dadas por el lugar de análisis mientras que el estudio de León et al. (18), se desarrolló en toda la ciudad de Cuenca el nuestro se enfoca en uno de los mercados más concurridos de la ciudad, a pesar de la evidente diferencia en Ecuador, se ha informado que los alimentos listos para el consumo vendidos en espacios públicos pueden ser fuentes preocupantes de *E. coli* según el estudio se demuestra que existe mayor incumplimiento en alimentos sin tratamiento térmico como el ceviche, que alimentos con tratamientos térmicos (18).

A nivel nacional Carrión et al. (19) en su revisión realizada en Machala de *Escherichia coli* O157: H7 en el ceviche de pescado que expenden los vendedores ambulantes mediante el método Reveal 1.0. Como resultado se encontró que el 20 % de las muestras fueron positivas y el 80 % negativas, los datos obtenidos son similares a la presente investigación para *E. coli*. con 20% de prevalencia; además se destaca que *E. coli*, productora de la toxina Shiga, genera un impacto negativo en la salud pública además estos establecimientos también muestran el incumplimiento de las normativas de higiene y manipulación de alimentos (19).

Finalmente, en un meta análisis realizado por Orellana (20) sobre la prevalencia de Enterobacterias en diferentes tipos de alimentos donde se eligieron 27 documentos en los cuales los estudios abordaron muestras de alimentos en diferentes estados, ya sea crudos, cocidos o procesados, se identificaron cinco estudios que se centraron en la detección de *E. coli* O157:H7, involucrando un total de 327 muestras. Estas muestras incluyeron ceviche de pescado, ensaladas frescas, carne molida y hamburguesas tomadas en varios puntos de venta. Los resultados que se observaron son que la *E. coli* O157:H7 está presente en un 20% en ceviches de pescado y un 15% en ensaladas frescas.

Por lo cual se ha identificado en esta investigación que los alimentos con mayor riesgo de entrar en contacto con Enterobacterias incluyen ceviche de pescado y ensaladas frescas, así mismo es evidente que las prácticas de manipulación influyen en la carga microbiana de cada alimento pues a mayor manipulación existe mayor riesgo de contaminación sin no existen las condiciones de higiene y aseo adecuadas (20).

A nivel local en el estudio de Barba & Paucar (21) nos demuestra un análisis de tres mercados de la ciudad de Cuenca, donde en los resultados se obtuvo una elevada contaminación en la venta de pescado (albacora, corvina, hojita) del mercado El Arenal correspondiente de los microorganismos como: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*. Considerando como primera causa de contaminación la mala higiene que realizan los expendedores de este alimento. Donde comparando con nuestro análisis, se puede plantear que por parte de los elaboradores del ceviche de balde en la fabricación de estos tienen una mejor higiene, ya que no se observó un significativo crecimiento de *E. coli* (21).

## 5. Conclusiones

- Se identificó la presencia de *E. coli* y *Coliformes spp* mediante placas Compact Dry EC en ceviches de balde del Mercado El Arenal en Cuenca, evidenciando la prevalencia de estos microorganismos, especialmente de *Coliformes spp* en las diluciones más concentradas. Esto refleja un riesgo significativo de contaminación en estos alimentos, que puede ser causado por la mala higiene del expendedor del alimento, es decir, un mal lavado de manos al momento de ir al sanitario.

- Se analizó la calidad microbiológica de ceviches de balde expandidas en el mercado El Arenal de Cuenca durante febrero-marzo de 2024 y se observó una presencia elevada de *Coliformes ssp* en los ceviches a pesar de las disoluciones, este grupo de bacterias son indicadores de contaminación fecal y en el presente estudio evidencia la ineffectividad de los protocolos de manipulación y control de alimentos actualmente implementados en las zonas de expendio. Esto sugiere que estos puestos son una fuente de contaminación que pone en riesgo la salud de sus consumidores.
- Cuantificar las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de *Escherichia coli/Coliformes spp.* en ceviches mediante normativa NTS No-071 MINSA/DIGESA-V-01.
- Se determinó la presencia de *Coliformes* en el ceviche de balde en nuestro estudio examinando con los rangos permisibles de la normativa NTS No-071 MINSA/DIGESA-V-01 se obtiene un incumplimiento, ya que sobresalen de los mismos.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

- Silvia Monserrath Torres Segarra: responsable de revisión del proceso metodológico, resultados, discusión, introducción, redacción del documento y conclusiones.
- Sthefany Alexandra Cando Duchitanga: Responsable de ejecución de la parte práctica, redacción del documento, resultados, discusión, conclusiones, resumen, palabras claves, abstract y keywords.
- Lizbeth Ivonne Daza Vélez: Responsable de ejecución de la parte práctica, redacción del documento, resultados, discusión, conclusiones, resumen, palabras claves, abstract y keywords.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

1. Organización Panamericana de la Salud [OPS]. Enfermedades transmitidas por alimentos [Internet]. 2021 [citado 14 enero 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>

2. Organización Mundial de la Salud [OMS]. Enfermedades de transmisión alimentaria [Internet]. 2020 [citado 14 enero 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/foodborne-diseases>
3. González-Ochoa L, Agudo-Peralta MG, Vélez-Zamora L, Baculima-Suárez J, Flores-García M. Escherichia Coli y Coliformes totales en superficies inertes del patio de comidas del terminal terrestre Cuenca, Ecuador. FACSALUD-UNEMI [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 7(13):127-33. Disponible en: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/facsalud-unemi/article/view/1910>
4. Marquis GE, Covaia SM, Tabb AM, Kitch CJ, Hellberg RS. Microbiological safety and quality of ceviche, poke, and sushi dishes sold at retail outlets in Orange County, CA. Heliyon [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 9(6): e16862. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023040690>
5. Bermeo Criollo EF, Figueroa Llivipuma LR, Ortiz Tejedor JG. Identificación de Staphylococcus aureus en pescado fresco "Albacora" (Thunnus alalunga) en mercados de la ciudad de Cuenca - Ecuador. Anatomía Digital [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 6(4): 56-76. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/AnatomiaDigital/article/view/2721>
6. Rodríguez Ruíz RA. Evaluación de coliformes totales y Escherichia coli en superficies de contacto, Salmonella SP. en carne de res, en el primer y tercer trimestre del 2018, establecimiento #2. Managua, Nicaragua [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua]; 2020 [citado 17 enero 2025]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4124/>
7. Merchán Pesántez EE, Mocha Morocho CP. Evaluación de la calidad microbiológica de ceviches y encebollados de pescado vendidos de forma ambulante en la ciudad de Cuenca-Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador]. 2018 [citado 17 enero 2025]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30635>
8. Calle Cali JM, Morocho Matailo NX. Detección de Escherichia coli y Coliformes totales en el área de preparación y consumo en un establecimiento de comida en la ciudad de Cuenca [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador]. 2023 [citado 17 enero 2025]. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/a0ddad52-1adb-4577-8559-323188f9d083>
9. Villavicencio Figueroa LC, Gomezcuello Samaniego JP, Bravo Crespo DI, Baculima Suárez JA. Coliformes totales y Escherichia Coli en superficies inertes

- en contacto con el consumo de los alimentos de los patios de comida del Mercado “25 de Junio” Gualaceo – Ecuador. Polo del Conocimiento [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 8(9): 378-89. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6020>
10. Vázquez Zeballos SE. Caracterización fenotípica y genotípica de cepas de Escherichia coli productoras de toxina shiga (0157 y NO-0157) provenientes de alimentos, ganado y casos clínicos: identificación de nuevos blancos útiles para su detección y control [Tesis de doctorado, Universidad de la República, Uruguay]; 2020 [citado 17 enero 2025]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29367>
  11. Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. NTE INEN 1529-2: Control microbiológico de los alimentos. Toma, envío y preparación de muestras para el análisis microbiológico [Internet]. 1999 [citado 13 enero 2025]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/egrandam/nte-inen-1529-2>
  12. Vasquez Garcia LJ. Calidad microbiológica del ceviche de leche tigre comercializado ambulatoriamente (Barrio Chicago Trujillo, del 2020) [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro, Trujillo, Perú]; 2021 [citado 14 enero 2025]. Disponible en: <https://repositorio.usanpedro.edu.pe/items/3af94b76-bb67-4f0f-9909-6d741e735666>
  13. Flores Gutierrez SM, Mendoza Bonifacio M. Factores asociados que determinan Coliformes totales y Escherichia coli en muestras de ceviche de pescado en placas petrifilm en el Balneario de Ancon [Tesis de pregrado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú]; 2021 [citado 9 enero 2025]. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/5334>
  14. Alva Obregon JJ, Moya Mariño Y. Inocuidad de los ceviches de pescado y puestos de expendio Mercado Centenario Huacho [Tesis de pregrado, Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”, Huacho, Perú]; 2023 [citado 14 enero 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7684>
  15. International Commission on Microbiological Specifications for Foods [ICMSF]. Microorganisms in Foods 8. Use of data for assessing process control and product acceptance. Springer [Internet]. 2011 [citado 21 enero 2025]. Disponible en: [http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/66460/1/2011\\_Book\\_MicroorganismsInFoods8.pdf](http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/66460/1/2011_Book_MicroorganismsInFoods8.pdf)

16. Ministerio de Salud de Perú [MINSA]. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Resolución Ministerial N. 591-2008-MINSA. NTS N.071. MINSA/DIGESA-V.01. 2008 [citado 21 enero 2025]. Disponible en:  
[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf)
17. Pari Quispe D, Torres Vargas E, Mamani Flores M, Ortiz Uribe W, Orna Rivas EF. Presencia de coliformes totales y fecales en *Prochilodus nigricans* “Boquichico”. Revista de Investigación Universitaria [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 13(2): 1025-1033. Disponible en:  
<http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/114>
18. León J, Ortiz J, Astudillo D, Astudillo G, Donoso S. Control microbiológico de alimentos en la vía pública en Cuenca, Ecuador. Revista Chilena de Nutrición [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 50(3): 261-270. Disponible en:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182023000300261](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182023000300261)
19. Carrión Espinosa WE, Bravo Bravo VP, Sanchez Prado R. Presencia de *Escherichia Coli* O157: H7 en el ceviche de pescado que expenden los vendedores ambulantes del cantón Pasaje. Polo del Conocimiento [Internet]. 2023 [citado 14 enero 2025]; 8(8):1450-1462. Disponible en:  
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5917>
20. Orellana Jara DL. Meta-análisis de la prevalencia de Enterobacterias en diferentes tipos de alimentos [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador]; 2019 [citado 14 enero 2025]. Disponible en:  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9155>
21. Barba González WN, Paucar Guamán JA. Evaluación microbiológica de pescados frescos expendidos en los mercados de las parroquias Sayausí, el valle y en el mercado El Arenal del cantón Cuenca [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador]; 2023 [citado 9 enero 2025]. Disponible en:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/41761>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services