



TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

2026 - I

MEMORIAS ACADÉMICAS —



Autores:

Dr. ATILIO RODOLFO BUENDIA GIRIBALDI

Mg. JORGE ANTONIO CHAVEZ PEREZ

Dr. LUIS ANGEL AGUILAR MENDOZA



UNID

UNIVERSIDAD INTERAMERICANA
PARA EL DESARROLLO

Trabajos de Investigación Formativa 2026 - I

Memorias Académicas

© **Dr. ATILIO RODOLFO BUENDIA GIRIBALDI**

atilio.buendia@unidx.edu.pe

Mg. JORGE ANTONIO CHAVEZ PEREZ

jchavezp@unidx.edu.pe

Dr. LUIS ANGEL AGUILAR MENDOZA

laquilarm@unidx.edu.pe

EDITADA POR:

© **UNIVERSIDAD INTERAMERICANA PARA EL DESARROLLO (UNIDX) - FONDO EDITORIAL “EXPONENCIAL”**

DIRECCIÓN: AV. BOLIVIA NRO. 626 (A 2 CDRAS DE AV. ALFONSO UGARTE) BREÑA, LIMA, LIMA, PERÚ.

ISNI: 0000 0004 6101 3964

<https://isni.org/isni/0000000461013964>

Name: Inter-American Development University

Universidad Interamericana para el Desarrollo

Location / Nationality: Peru Bolivar

Correo: fondoeditorial@unidx.edu.pe

Portal Web: <https://unidx.edu.pe>

Primera edición digital: Julio del 2026

Libro digital disponible en: <https://fondoeditorial.unidx.edu.pe>

Hecho el depósito legal en La Biblioteca Nacional Del Perú N° 2026-08052

ISBN: 978-612-99367-5-8

DOI: <https://doi.org/10.56275/x2b1k784>

REVISIÓN POR PARES CIEGOS APROBADO POR EL CONSEJO EDITORIAL DEL FONDO EDITORIAL “EXPONENCIAL”.

LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN Y CON REVISIÓN POR PARES CIEGOS.

SELLO EDITORIAL: FONDO EDITORIAL (978-612-99120)

LIMA - PERÚ
2026

Contenido

PRÓLOGO.....	4
EVALUACIÓN DEL ACCESO A MEDICAMENTOS E INSUMOS EN BROTES EPIDÉMICOS.....	6
OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE FRÍO EN LA DISTRIBUCIÓN DE VACUNAS EN LIMA METROPOLITANA	12
ESTRATEGIAS COMUNITARIAS PARA AUMENTAR LA COBERTURA DE VACUNACIÓN CONTRA EL SARAMPION EN LIMA.....	17
EVALUACIÓN COMPARATIVA ENTRE VACUNAS TRADICIONALES Y PLATAFORMAS ARNM EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES VIRALES	23
BIOTECNOLOGÍA DEL ARNM: LA REVOLUCIÓN EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES	30
EVALUACIÓN DEL ACCESO A MEDICAMENTOS E INSUMOS EN BROTES EPIDÉMICOS.....	42
IMPACTO DE LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA EN LA ACEPTACIÓN DE LAS VACUNAS.....	47
DESARROLLO PROSPECTIVO DE VACUNAS ARNM PARA ENFERMEDADES EMERGENTES EN AMÉRICA LATINA.....	52
SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE FRÍO: INTEGRACIÓN DE IOT, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CADENA DE FRÍO INTELIGENTE	58
ANÁLISIS DE LA SALUD MENTAL EN NIÑOS Y ADOLESCENTES Y SU PREVALENCIA	64
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIGITAL PARA EL MONITOREO EPIDEMIOLÓGICO DE BROTES DE SARAMPION	71
FACTORES SOCIOCULTURALES ASOCIADOS A LA RESISTENCIA A LA VACUNACIÓN: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA.....	80
LAVADO DE MANOS, LA MEDIDA MAS SENCILLA PARA SALVAR VIDAS	86

Prólogo

La Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID) asume con alto sentido de responsabilidad su rol transformador en la sociedad. Bajo esa premisa, nos honra presentar el Primer Volumen de los Trabajos de Investigación de los estudiantes de Pregrado, una publicación que marca un hito institucional en la difusión del conocimiento científico generado desde nuestras aulas.

Entendemos que la universidad no solo debe ser un espacio de transmisión de saberes, sino un faro de innovación y cuestionamiento. Por ello, la UNID abraza la investigación como una función esencial y obligatoria, promoviendo de manera decidida la producción de conocimiento y el desarrollo tecnológico. Este esfuerzo busca dar respuestas oportunas, éticas y viables a las complejas problemáticas sociales, económicas y culturales de nuestro entorno.

Los trabajos que integran este volumen son el resultado de un riguroso proceso de investigación formativa, donde los estudiantes, guiados por sus docentes, han aprendido a mirar la realidad con ojos críticos, a plantear hipótesis rigurosas y a sostener sus hallazgos con base en el método científico. Esta obra no solo visibiliza el talento de las nuevas generaciones de profesionales, sino que reafirma el compromiso de la UNID con la excelencia académica y el progreso del país.

Felicitamos a los autores y asesores que han hecho posible esta primera edición, confiando en que este volumen será una fuente de consulta valiosa y el cimiento de una sólida tradición investigativa en nuestra casa de estudios.

Atentamente,
Dr. Atilio Rodolfo Buendía Giribaldi
Investigador RENACYT

UNIVERSIDAD INTERAMERICANA PARA EL DESARROLLO¹



¹ La UNID investigó y produjo como resultado un repelente para prevenir enfermedades en el fenómeno del niño 2026 (Foto: Dr. Atilio Rodolfo Buendía Giribaldi - Investigador RENACYT)

EVALUACIÓN DEL ACCESO A MEDICAMENTOS E INSUMOS EN BROTES EPIDÉMICOS

Chuecas Llanca, Kendra Reghin
<https://orcid.org/0009-0000-5228-826X>
kchuecasl@unidx.edu.pe

Claudio Rodríguez, Andres Joel
<https://orcid.org/0009-0004-4862-7299>
aclaudior@unidx.edu.pe

Coronel Huamán, José Teófilo
<https://orcid.org/0009-0001-3093-5312>
jcoronelh@unidx.edu.pe

Coronel Humán, Yeni
<https://orcid.org/0009-0008-1277-3736>
ycoronelh@unidx.edu.pe

Fonseca Gonzalez, Einever Rolando
<https://orcid.org/0009-0002-1265-9948>
efonsecag@unidx.edu.pe

Julca Díaz, Myra Elizabeth
<https://orcid.org/0009-0000-5215-3808>
mjulcad@unidx.edu.pe

RESUMEN

Los brotes epidémicos son una enfermedad infecciosa que representan desafíos críticos para la salud pública mundial que ponen a prueba la resiliencia de los sistemas sanitarios para así garantizar el abastecimiento oportuno de medicamentos e insumos esenciales. Este artículo examina los factores estructurales y operativos que condicionan el acceso farmacéutico durante emergencias sanitarias y a las experiencias derivadas de la pandemia de COVID-19 y a las orientaciones emanadas de organismos internacionales de referencia. Se abordan las principales barreras de acceso, la gestión de la cadena de suministro, la prescripción racional de medicamentos y los procedimientos de adquisición pública. Los resultados evidencian que la anticipación estratégica, la diversificación de proveedores y la adopción de marcos regulatorios flexibles, son condiciones determinantes para asegurar la disponibilidad de productos farmacéuticos en contextos de crisis.

Palabras clave: acceso a medicamentos, brotes epidémicos, cadena de suministro farmacéutica, uso racional de medicamentos, crisis humanitarias y equivalencia terapéutica.

ABSTRACT

Epidemic outbreaks are infectious diseases that pose critical challenges to global public health, testing the resilience of health systems to ensure the timely supply of essential medicines and medical supplies. This article examines the structural and operational factors that influence pharmaceutical access during health emergencies, drawing on experiences from the COVID-19 pandemic and guidelines from leading international organizations. It addresses the main barriers to access, supply chain management, rational prescribing, and public procurement procedures. The findings demonstrate that strategic foresight, supplier diversification, and the adoption of flexible regulatory frameworks are key to ensuring the availability of pharmaceuticals in crisis situations.

Keywords: access to medicines, epidemic outbreaks, pharmaceutical supply chain, rational use of medicines, humanitarian crises, and therapeutic equivalence.

I. INTRODUCCIÓN

Los brotes epidémicos son fenómenos en los que la incidencia de una enfermedad supera significativamente los niveles esperados en una comunidad, región o período determinado. Desde la epidemiología, entender la transición conceptual entre brote, epidemia y pandemia es fundamental para orientar una respuesta sanitaria óptima y con evidencia científica. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) advierte que dichos eventos generan presiones extraordinarias sobre los sistemas de salud, especialmente en relación con el abastecimiento, la distribución y la disponibilidad de medicamentos, vacunas y otros productos sanitarios esenciales (1).

La Organización Mundial de la Salud considera que el acceso a medicamentos y productos sanitarios es un componente esencial del sistema de salud pública, indicando que sin productos seguros, eficaces y asequibles no es viable alcanzar la cobertura sanitaria universal (2).

No obstante, en contextos de crisis sanitaria, las cadenas de suministro suelen experimentar interrupciones significativas, mientras que el incremento de la demanda provoca alzas en los costos y pone a prueba la capacidad de respuesta de los mecanismos regulatorios tradicionales (3). Estas limitaciones evidencian la vulnerabilidad de los sistemas farmacéuticos frente a emergencias de gran escala.

La pandemia de COVID-19 permitió visibilizar de manera particularmente crítica las fragilidades estructurales relacionadas con el acceso a medicamentos a nivel mundial. Entre las poblaciones más afectadas se encontraron los pacientes con enfermedades no transmisibles (ENT), cuya continuidad terapéutica se vio comprometida debido al desabastecimiento de medicamentos, las restricciones de movilidad y las dificultades en la atención sanitaria regular (4).

Asimismo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) documentó que la pandemia generó un impacto considerable en el acceso a medicamentos destinados al tratamiento de patologías crónicas en América Latina y el Caribe, profundizando las desigualdades ya existentes en los sistemas de salud de la región (5).

En este contexto, el presente artículo tiene como propósito identificar las barreras que limitan el acceso a medicamentos e insumos médicos durante brotes epidémicos. Asimismo, busca analizar los enfoques estratégicos globales orientados a fortalecer la capacidad de respuesta sanitaria garantizando un acceso equitativo y oportuno.

REVISIÓN DE LITERATURA

Marco normativo internacional sobre acceso a medicamentos

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su hoja de ruta diseñada para el periodo 2019–2023, definió tres ejes fundamentales para asegurar el acceso a los fármacos: contar con productos que sean seguros y efectivos, garantizar que tanto los pacientes como los servicios sanitarios puedan costearlos, y fortalecer los organismos reguladores que avalan la intercambiabilidad y la equivalencia de las terapias (6). Esta guía sirve como el estándar principal al momento de medir cómo responden los sistemas sanitarios en situaciones de emergencia.

Por su parte, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) refuerza esta perspectiva en su Manual de respuesta nacional ante brotes epidémicos del año 2025 (7).

En este informe, se posiciona la administración de fármacos y suministros médicos como una pieza clave dentro de las estrategias de preparación en salud. Asimismo, el documento señala que la compra consolidada y la creación de almacenes de reserva estratégica resultan herramientas esenciales si se quiere evitar la escasez durante las crisis de salud pública.

Impacto de la pandemia de COVID-19 sobre el acceso a medicamentos.

La crisis sanitaria por la COVID-19 representa el caso mejor documentado de cómo una emergencia global puede quebrar el acceso a los productos farmacéuticos.

De acuerdo con la OMS, los detonantes principales de este problema fueron la focalización total de los recursos para atender la urgencia inmediata, la suspensión de actividades en los servicios de farmacia y las limitaciones impuestas al tránsito de mercancías y ciudadanos (4).

En sintonía con esto, la OPS confirmó que las redes de salud en América Latina no contaban con estrategias de respaldo diseñadas para asegurar que las personas con enfermedades crónicas siguieran recibiendo sus tratamientos en medio de la crisis (5,8,9).

Uso racional de medicamentos como indicador de calidad del sistema.

El empleo correcto y responsable de los fármacos es un pilar fundamental para hablar de un verdadero acceso a la salud.

Diversos análisis basados en las métricas esenciales de la OMS demuestran que, en lugares con normativas débiles, son comunes los errores de prescripción, el exceso de medicamentos recetados a un mismo paciente y la automedicación; problemas que empeoran cuando estalla una emergencia sanitaria (10).

En el caso específico de Perú, los errores de metodología en los análisis de equivalencia terapéutica entre los años 2019 y 2024 terminaron limitando la oferta de opciones genéricas que fueran económicas para la población (11).

Barreras estructurales en América Latina.

Una de las debilidades más críticas en América Latina es que depende demasiado de la compra externa de materias primas (principios activos) y que la fabricación de medicinas se concentra en muy pocos lugares.

Para enfrentar esto, una investigación del año 2025 de la Revista Panamericana de Salud Pública plantea una estrategia de autonomía regional. Esta propuesta se enfoca en potenciar la producción local de fármacos derivados del plasma, buscando así que la región sea menos vulnerable cuando se corten las cadenas de suministro a nivel mundial (12).

II. METODOLOGÍA

2.1 Diseño del estudio

Este trabajo se basó en una revisión narrativa de la literatura científica y de las normativas vigentes emitidas entre los años 2019 y 2026.

Se optó por este tipo de diseño porque resulta ideal para recopilar y unificar información que proviene de diferentes tipos de fuentes como entidades internacionales, revistas de ciencia indexadas y planes de política pública. Esto permitió analizar a fondo un problema de salud pública que es complejo y tiene muchas variables.

2.2 Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Para la recolección de datos, se revisaron las bases de datos PubMed/PMC, SciELO y SemanticScholar. También se consultaron los archivos digitales oficiales de la OMS (1,2,6,13), de la OPS (5,7,8,9) y de la DIGEMID-MINSA en Perú (14).

Los términos y palabras clave que se usaron en el proceso de búsqueda fueron: acceso a medicamentos, brotes epidémicos, cadena de suministro farmacéutica, uso racional de medicamentos, crisis humanitarias y equivalencia terapéutica.

2.3 Criterios de selección

Se incluyeron aquellos documentos respaldados por instituciones de prestigio que fueron publicados en el periodo 2019–2026, siempre y cuando trataran sobre las diferentes aristas del acceso a los fármacos durante emergencias o dentro de los servicios de salud en naciones de ingresos medios.

Por otro lado, se descartaron los artículos que no contaban con una revisión por pares o que carecían de una afiliación institucional que se pudiera comprobar. Al final, se terminó trabajando con un total de 15 fuentes documentales que abarcan enfoques teóricos, normativas, datos prácticos y propuestas sobre el tema.

III. RESULTADOS

Los brotes epidémicos generan un aumento repentino en el consumo de medicamentos e insumos médicos, sobrepasando la capacidad de atención de los servicios de salud. Comprender las diferencias entre brote, epidemia y pandemia es esencial para planificar el nivel de intervención requerida. La OMS reconoce que estos eventos exigen planes de preparación anticipada que integren la gestión proactiva de las cadenas de suministro farmacéutico (1).

Durante la pandemia de COVID-19, la producción de principios activos concentrado en un reducido número de países, las restricciones en las exportaciones y las dificultades logísticas del transporte internacional provocaron escasez de medicamentos e insumos. Esta situación reveló la alta dependencia de los sistemas sanitarios occidentales respecto de proveedores asiáticos (3). En medio de crisis humanitarias, estos problemas se agravan debido a la desorganización institucional y a la falta de información confiable sobre las necesidades de la población afectada (15).

Por otra parte, los pacientes más afectados por las dificultades en el acceso a medicamentos y servicios farmacéuticos durante la pandemia fueron aquellos con enfermedades no transmisibles. La OMS señaló que las consecuencias en este grupo poblacional implicaron suspensión de sus tratamientos, incremento en complicaciones evitables y un mayor índice de mortalidad con enfermedades no controladas (4). La OPS evidenció que en América Latina los sistemas de salud no contaban con medidas que permitieran garantizar la continuidad de tratamientos durante la emergencia (5,8,9).

En el caso del Perú, el análisis de las compras realizadas por las Unidades Ejecutoras del MINSA y Gobiernos Regionales entre enero y julio de 2024 mostró ineficiencias significativas que provocaron desabastecimiento en el primer nivel de atención (14). Entre las principales deficiencias destaca los retrasos en los procesos de licitación, una estimación insuficiente de la demanda real y las debilidades en la especificación técnica de los productos. Además, las insuficiencias metodológicas en los estudios de equivalencia terapéutica limitan la disponibilidad de opciones genéricas a precios asequibles (11).

El análisis de estudios sustentados en los indicadores de uso de medicamentos de la OMS evidenció que, en sistemas de salud con escasa regulación, predominan las prácticas inadecuadas como la polifarmacia, la prescripción inapropiada y la venta de antibióticos sin indicación médica (10). Estas deficiencias estructurales, preexistentes a la crisis, tienden a agravarse durante los brotes epidémicos, cuando la presión asistencial disminuye el tiempo disponible para una correcta evaluación clínica.

IV. DISCUSIÓN

Según los resultados encontrados en esta investigación, se puede concluir que, durante los brotes de enfermedades, el acceso a medicamentos y suministros no es solo un desajuste en la cadena de suministro es un problema complicado que involucra factores regulatorios, económicos, políticos y operativos. La OMS reconoce esta naturaleza compleja en su hoja de ruta para 2019-2023, señalando que múltiples barreras trabajan juntas y requieren respuestas igualmente multisectoriales (6).

La pandemia de COVID-19 es el caso más conocido de la ruptura en el acceso a productos farmacéuticos enfrentada durante una crisis global (4,3). El efecto para los pacientes con enfermedades crónicas fue significativamente mayor, demostrando que los planes nacionales de preparación no habían previsto mecanismos específicos para asegurar la continuidad del tratamiento en situaciones de emergencia (5,8,9). El Manual de Respuesta de la OPS actualmente ofrece un marco operativo suficiente para abordar las omisiones mencionadas (7).

La implementación de un paquete para habilitar la independencia estratégica en cuanto a la producción regional de medicamentos en América Latina (12), así como la promoción de procedimientos de equivalencia terapéutica en Perú, son intervenciones complementarias que podrían ayudar en gran medida a aliviar la vulnerabilidad de esta región (11). Los dos proyectos mencionados se alinean con los principios establecidos en la hoja de ruta de la OMS y están respaldados por evidencia sobre el uso de medicamentos basado en la evidencia (6).

Con la gestión de medicamentos siendo un determinante central de la salud pública y su impacto, la gestión pública de medicamentos en Perú tiene limitaciones que se vuelven importantes (14), particularmente en situaciones de emergencia. Esto se ve agravado por ineficiencias en el proceso de adquisición pública y

la ausencia de reservas estratégicas que restringen severamente la capacidad de reaccionar con suficiente rapidez.

Por lo tanto, como parte del plan integral dirigido a los brotes epidémicos, el fortalecimiento de los sistemas de información farmacéutica y los mecanismos de compra anticipada son una prioridad principal para la OPS (7).

Dentro de las limitaciones, se puede mencionar a la escasa evidencia científica regional disponible y con los criterios de inclusión establecidos, y que solo se consideraron documentos indexados en PubMed/PMC, Scielo y Semantic Scholar, publicados entre 2019 Y 2026.

V. CONCLUSIONES

El acceso a medicamentos e insumos durante los brotes epidémicos es un desafío multifactorial que depende de la cadena de suministro, la eficiencia en las compras públicas, la calidad de las normas regulatorias y la capacidad de producción local. La pandemia de COVID-19 evidenció que todos los sistemas de salud, frente a una crisis de gran escala, exhiben dificultades y vulnerabilidades estructurales.

Para el Perú, es importante reducir la dependencia externa en la producción de medicamentos. Esto implica que el estado optimice los procesos de adquisición de los insumos y fortalezca el rol de la Digemid y las entidades reguladoras, asegurando así una preparación oportuna frente a futuras emergencias sanitarias.

Finalmente, es fundamental que el Perú incluya la gestión farmacéutica como un pilar en sus planes de emergencia. Esto requiere fortalecer los sistemas de información para verificar en tiempo real la disponibilidad de medicamentos e insumos, así como reconocer al químico farmacéutico como un profesional clave en los equipos de primera línea ante epidemias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Preparación y capacidad de recuperación ante brotes epidémicos. Ginebra: OMS; 2023. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/374895>
2. Organización Mundial de la Salud. Access to medicines and health products [Internet]. Ginebra: OMS; s.f. Disponible en: <https://www.who.int/our-work/access-to-medicines-and-health-products>
3. Paavola A. The pandemic and the supply chain: gaps in pharmaceutical production and distribution. Am J Public Health. 2021;111(4):635–639. doi: 10.2105/AJPH.2020.306138
4. World Health Organization. Access to medicines for non-communicable diseases: emerging issues during the COVID-19 pandemic and key structural factors. Ginebra: WHO; 2023. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/366528>
5. Organización Panamericana de la Salud. Acceso a los medicamentos esenciales para las enfermedades no transmisibles durante la pandemia de COVID-19. Washington D.C.: OPS/OMS; 2021. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53660>
6. World Health Organization. Road map for access to medicines, vaccines and other health products 2019–2023. Ginebra: WHO; 2019. Disponible en: <https://docslib.org/doc/3588655/road-map-for-access-to-medicines-vaccines-and-other-health-products-2019-2023>
7. Organización Panamericana de la Salud. Manual de respuesta nacional ante brotes epidémicos. Washington D.C.: OPS; 2025. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/66796>
8. Huayta-Meza E, et al. Desabastecimiento de antidiabéticos y antihipertensivos en el contexto de la etapa inicial de la pandemia por la COVID-19 en Perú. Rev Cuerpo Med HNAAA. 2020;13(4). doi: 10.35434/rcmhnaaa.2020.134.772
9. Zevallos L, et al. Productos estratégicos en salud: una necesidad para afrontar adecuada y oportunamente las pandemias y epidemias. Horiz Med. 2021;21(2): e1264. doi: 10.24265/horizmed.2021.v21n2.12

10. Mekonnen GB, Shiferaw MB, Geta M, Dilnessa T. Rational drug use evaluation based on WHO core drug use indicators in Ethiopia: a systematic review. *Drug Healthc Patient Saf.* 2021; 13:159–170. doi: 10.2147/DHPS.S304222
11. González Avalos E, Perez Chauca G. Principales deficiencias en estudios de equivalencia terapéutica para demostrar la intercambiabilidad de medicamentos en el Perú (2019–2024). *Rev Cienc Polít Regul Farm.* 2025. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Principales-deficiencias-en-estudios-de-terap%C3%A9utica-Gonz%C3%A1lez-Avalos-Perez-Chauca/54169e237683390ea3d3f762cd93019545261037>
12. Zambrano-González O, et al. Independencia estratégica: modelo de valor para mejorar el acceso a medicamentos derivados del plasma en América Latina. *Rev Panam Salud Publica.* 2025. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Independencia-estrat%C3%A9gica%3A-modelo-de-valor-para-el-Zambrano-Gonz%C3%A1lez/59164cb0cfaa18df8ac91924252d5fdb5ffd0396>
13. Vidal Ledo M, Baldoquín Rodríguez W. Brotes, epidemias, eventos y otros términos epidemiológicos de uso cotidiano. *Rev Cubana Salud Pública.* 2020;46(2):e2090. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662020000200003
14. DIGEMID – MINSA Perú. Análisis de la eficiencia de la adquisición de medicamentos por Unidades Ejecutoras del MINSA y Gobiernos Regionales en Perú, enero–julio 2024. Lima: DIGEMID; 2024. Disponible en: <https://www.digemid.minsa.gob.pe/revista/index.php/rcprf/article/download/65/58>
15. Salud Everywhere. Medicamentos y suministros médicos: barreras al acceso y gestión en crisis humanitarias [Internet]. 2026. Disponible en: <https://saludeverywhere.com/salud-en-crisis-humanitarias/acceso-a-medicamentos-y-suministros-medicos/>



OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE FRÍO EN LA DISTRIBUCIÓN DE VACUNAS EN LIMA METROPOLITANA

Ayala Celestino, Estrella Emilia
<https://orcid.org/0009-0006-2571-962X>
eayalac@unidx.edu.pe

Benavides De La Cruz, José Lino
<https://orcid.org/0009-0008-5674-980X>
jbenavidesd@unidx.edu.pe

Espinoza Callisaya, Luis Javier
<https://orcid.org/0009-0006-9985-3194>
lespinozac@unidx.edu.pe

Gómez Paredes Rosa Melva
<https://orcid.org/0009-0000-7953-9583>
rgomez@unidx.edu.pe

Leyton Quispe, Naydelyn Sharlyn
<https://orcid.org/0000-0001-5016-233X>
nleytonq@unidx.edu.pe

RESUMEN

La inmunización es una acción clave en salud pública, pero su éxito depende de conservar las vacunas a temperaturas adecuadas. En Lima Metropolitana, cumplir con las normas del MINSA es complicado debido a problemas logísticos, fallas en equipos y cortes de energía que ponen en riesgo la efectividad de los biológicos.

El propósito de este trabajo es analizar un modelo para optimizar la cadena de frío evaluando la infraestructura, la preparación del personal de salud y la viabilidad de incorporar herramientas de planificación logística.

Para lograrlo, se realizó una investigación descriptiva con enfoque mixto analítico-operacional. El estado situacional se reconstruyó mediante tres componentes esenciales: macro-auditor, basado en reportes institucionales; micro-evaluativo, centrado en competencias asistenciales; y de modelamiento logístico, enfocado en los flujos de transporte.

Los resultados evidencian una brecha crítica entre la teoría y la práctica, registrándose variaciones fuera del rango oficial de 2 a 8 °C debido al desgaste de refrigeradoras antiguas y fallas en los sistemas de alarma de los almacenes según la Defensoría del Pueblo. Asimismo, se identificaron omisiones operativas severas en el personal de enfermería respecto al tiempo de "sudado" de los paquetes fríos y aperturas frecuentes de termos. En la discusión se analiza cómo estos factores, sumados al tráfico vehicular y las barreras geográficas de las zonas periféricas, reducen el tiempo de conservación en la "última milla", lo que justifica la necesidad de adoptar tecnologías digitales como Data Loggers y reestructurar las rutas mediante el modelo Lean Supply Chain para mitigar las mermas.

En conclusión, existen deficiencias latentes en los centros de salud de Lima Metropolitana debido a factores humanos e infraestructurales. Es indispensable reforzar las capacitaciones, mejorar la organización del transporte e implementar sistemas digitales de monitoreo continuo para asegurar la calidad y seguridad de las vacunas distribuidas a la población.

Palabras clave: Cadena de frío; Distribución de vacunas; Gestión logística; Salud pública; Lima Metropolitana.

ABSTRACT

Immunization is a key public health action, but its success depends on storing vaccines at appropriate temperatures. In Metropolitan Lima, complying with MINSA (Ministry of Health) regulations is complicated by logistical problems, equipment failures, and power outages that jeopardize the effectiveness of vaccines.

The purpose of this work is to analyze a model to optimize the cold chain by evaluating the infrastructure, the preparation of health personnel and the feasibility of incorporating logistics planning tools.

To achieve this, a descriptive study with a mixed analytical-operational approach was conducted. The current situation was reconstructed using three essential components: a macro-audit, based on institutional reports; a micro-evaluation, focused on clinical competencies; and a logistics modeling component, focused on transport flows.

The results reveal a critical gap between theory and practice, with variations outside the official range of 2 to 8 °C recorded due to the wear and tear of old refrigerators and failures in warehouse alarm systems, according to the Ombudsman's Office. Furthermore, severe operational omissions were identified among nursing staff regarding the "sweating" time of the cold packs and frequent opening of coolers. The discussion analyzes how these factors, combined with vehicular traffic and the geographical barriers of peripheral areas, reduce the preservation time in the "last mile," justifying the need to adopt digital technologies such as data loggers and restructure routes using the Lean Supply Chain model to mitigate losses.

In conclusion, latent deficiencies exist in the health centers of Metropolitan Lima due to human and infrastructural factors. It is essential to strengthen training, improve transportation organization, and implement continuous digital monitoring systems to ensure the quality and safety of vaccines distributed to the population.

Keywords: Cold chain; Vaccine distribution; Logistics management; Public health; Metropolitan Lima.

I. INTRODUCCIÓN

La inmunización es una de las acciones más importantes en salud pública para prevenir y controlar enfermedades infecciosas. Gracias a las vacunas, se ha logrado reducir de manera importante la mortalidad y el contagio de muchas enfermedades en la población mundial. Sin embargo, para que las vacunas funcionen correctamente, es necesario conservarlas a temperaturas adecuadas durante el almacenamiento, transporte y aplicación (1).

En el Perú, el Ministerio de Salud ha creado normas técnicas para garantizar la correcta conservación de las vacunas en todos los establecimientos de salud.

Una de las principales es la Norma Técnica de Salud N.° 136-MINSA/2017/DGIESP, que establece procedimientos para el almacenamiento, transporte y control de los inmunobiológicos (2).

A pesar de ello, todavía existen problemas en el cumplimiento adecuado de estas medidas, sobre todo en zonas de alta demanda como Lima Metropolitana. Lima Metropolitana enfrenta diferentes dificultades para mantener una cadena de frío eficiente debido a la gran cantidad de población y a las desigualdades entre distintos sectores de la ciudad. En varias zonas periféricas, los centros de salud tienen problemas de infraestructura, cortes de energía eléctrica y dificultades logísticas que pueden afectar la conservación de las vacunas. Además, la pobreza y las condiciones de vulnerabilidad también afectan la distribución adecuada de los recursos de salud (3).

Otro problema importante es el tráfico constante de la ciudad, ya que aumenta el tiempo de traslado de las vacunas hacia las redes y microneces de salud. Durante las campañas de vacunación fuera de los establecimientos, el uso de cajas térmicas y termos portavacunas es fundamental para conservar la temperatura adecuada. Sin embargo, varios estudios señalan que en esta etapa suelen ocurrir errores y fallas en la cadena de frío que pueden afectar la calidad y efectividad de las vacunas (1, 4).

Distintos informes realizados por entidades públicas y organismos de vigilancia ciudadana, como el Informe Especial N.° 004-2021-DP de la Defensoría del Pueblo (4), identificaron problemas frecuentes en la distribución y conservación de vacunas en Lima. Entre las principales deficiencias se encontraron la falta de mantenimiento y calibración de los equipos de control de temperatura, así como la ausencia de medidas de respuesta frente a cortes de energía eléctrica en las DIRIS. Asimismo, investigaciones nacionales recientes indican que el factor humano también influye en este proceso, debido a que existen diferencias en el conocimiento técnico y en el manejo de protocolos relacionados con los paquetes fríos (gel packs) y los sistemas de monitoreo térmico o Data Logger entre el personal de enfermería encargado de las inmunizaciones (5, 6).

Frente a esta situación, es necesario mejorar la gestión de la cadena de frío mediante estrategias modernas de control y organización logística. También es importante fortalecer la capacitación del personal

de salud sobre el manejo correcto de las vacunas and el monitoreo de la temperatura, ya que la experiencia y el nivel de conocimiento influyen directamente en la conservación de los inmunobiológicos (5, 6). Del mismo modo, la aplicación de modelos logísticos más eficientes, como el Lean Supply Chain, ayudaría a disminuir pérdidas y mejorar la calidad del servicio de inmunización (7).

Objetivos

El propósito de esta investigación bibliográfica es analizar y proponer un modelo para optimizar la cadena de frío en la distribución de vacunas dentro de Lima Metropolitana. Para lograrlo, se evalúan tres pilares del sistema de salud pública: el estado real de la infraestructura, la preparación del personal y la efectividad de los modelos de planificación logística actuales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo es una investigación bibliográfica, orientada bajo un enfoque analítico-operacional dentro del ámbito de la salud pública. El diseño metodológico se organizó mediante un enfoque mixto de análisis de datos, el cual integró tres componentes esenciales para reconstruir de manera global el estado situacional de la cadena de frío en Lima Metropolitana:

Componente Macro-Auditor: Detallando los reportes de la defensoría del pueblo Este bloque permite mapear la estructura geográfica de los recursos y las fallas de infraestructura reportadas a nivel de las DIRIS.

Componente Micro-Evaluativo: Se fundamentó en la síntesis cuantitativa de información procedentes de estudios observacionales locales enfocados en las competencias del personal asistencial y el estado operativo de los vacunatorios.

Componente de Modelamiento Logístico: Comprendió el análisis de los flujos de transporte y las tasas de rechazo de productos termosensibles dentro del ecosistema farmacéutico de la capital.

III. RESULTADOS

Cuando se revisan los problemas de temperatura en las microneces de salud, se puede observar que las fallas en la cadena de frío no ocurren por casualidad. Según Bravo De la Cruz et al. (8), muchas veces estas variaciones fuera del rango de 2 a 8 °C están relacionadas con problemas diarios en el manejo del sistema y con equipos que ya tienen varios años de uso. En diferentes zonas del país, sobre todo en áreas periféricas de Lima, los cortes de energía eléctrica siguen siendo una dificultad importante. A esto se suma el desgaste de las refrigeradoras, especialmente en los sellos de las puertas, lo que hace que las vacunas queden expuestas a cambios de temperatura que pueden afectar su calidad. Además, la Defensoría del Pueblo (4) también advirtió que varios almacenes de Lima Metropolitana presentaban fallas en los sistemas de alarma y poco mantenimiento de los grupos electrógenos, algo que aumenta todavía más el riesgo de ruptura de la cadena de frío.

Los estudios de Flores-Pajuelo (5) en San Borja y de Nuñez Flores (6) en Lima Sur muestran que todavía existen dificultades en el manejo práctico de la cadena de frío. Aunque muchos profesionales de enfermería conocen de manera teórica los rangos adecuados de conservación, en la práctica siguen ocurriendo errores durante el traslado y control de las vacunas. Entre las principales fallas se encuentran la apertura frecuente de los termos, el control inadecuado de la temperatura y el uso incorrecto de los paquetes fríos. Todo esto puede afectar la estabilidad de las vacunas y aumentar el riesgo de pérdida de eficacia de los biológicos.

La preparación de los paquetes fríos es uno de los pasos más importantes dentro de la cadena de frío, porque un error en este proceso puede afectar directamente la calidad de las vacunas. La Norma Técnica de Salud N.º 136-MINSA/2017/DGIESP (2) señala que los gel packs que salen del congelador no deben colocarse de inmediato dentro de los termos portavacunas. Antes de utilizarlos, es necesario dejarlos unos minutos a temperatura ambiente hasta que aparezcan pequeñas gotas de agua en la superficie, proceso conocido comúnmente como “sudado”. Este procedimiento ayuda a evitar que algunas vacunas sensibles al frío, como la Pentavalente o la vacuna contra la Hepatitis B, lleguen a congelarse accidentalmente. Cuando esto ocurre, las vacunas pueden perder su efectividad y ya no brindar la protección esperada. Sin embargo, diferentes investigaciones muestran que este paso no siempre se realiza correctamente.

Sandoval Apolinar (1) menciona que, en muchas ocasiones, la carga de trabajo, la rapidez de las campañas and la falta de supervisión hacen que el personal omita el “sudado” de los paquetes fríos o no respete el tiempo adecuado de preparación. Como consecuencia, los termos pueden alcanzar temperaturas demasiado bajas y afectar la estabilidad de los biológicos.

Otro aspecto importante es la dificultad que representa la distribución de vacunas en algunas zonas de Lima Metropolitana. Según Yabar (3), en sectores periféricos de Lima Este y Lima Norte existen áreas donde el acceso es complicado debido a la geografía urbana y a las condiciones de transporte. En muchos casos, el personal de salud debe caminar largos trayectos bajo temperaturas elevadas para llegar a campañas de vacunación extramurales.

En estas situaciones, conservar la temperatura adecuada dentro de los termos se vuelve más complicado. Si el termo no está bien cerrado o los paquetes refrigerantes fueron preparados de manera incorrecta, el tiempo de conservación disminuye y las vacunas pueden quedar expuestas al calor antes de finalizar la jornada. Esto representa un riesgo importante para mantener la calidad del biológico durante toda la ruta de distribución. A estas dificultades se suma el tráfico constante de Lima Metropolitana, que muchas veces retrasa el traslado de las vacunas desde los almacenes principales hacia los establecimientos de salud periféricos. Rojas-Flores et al. (9) señalan que estos problemas de movilidad y conectividad afectan el funcionamiento del Programa Nacional de Inmunizaciones y obligan a replantear las estrategias de distribución.

Finalmente, otro aspecto importante es el registro y monitoreo de la temperatura. El estudio realizado en establecimientos de la DIRIS Lima Norte (10) encontró que muchos problemas en la cadena de frío están relacionados con la falta de controles continuos. El uso de termómetros tradicionales no siempre permite detectar pequeñas variaciones de temperatura que pueden ocurrir durante la noche o en horarios donde no hay supervisión constante.

IV. DISCUSIÓN

La optimización de la cadena de frío en una ciudad tan grande y compleja como Lima Metropolitana no puede analizarse solo desde la teoría. En la práctica, existen muchos problemas diarios que afectan el correcto manejo y transporte de las vacunas. Los datos revisados muestran que todavía hay diferencias importantes entre las normas establecidas por el MINSA (2) y la realidad que enfrentan los centros de salud en sus actividades cotidianas.

Otro problema importante aparece cuando las vacunas salen del almacén y pasan a la etapa de distribución hacia los puntos de vacunación. En esta fase, conocida como “última milla”, el control de la temperatura ya no depende tanto de equipos automáticos, sino del manejo que realiza el personal de salud utilizando termos y cajas frías. Por eso, el trabajo humano se vuelve clave para conservar correctamente los biológicos.

Frente a ello, algunos autores proponen aplicar métodos de organización más eficientes para mejorar la cadena de suministro. El modelo Lean desarrollado por Machuca-Vásquez, Perea-Olivar y Quiroz-Flores (7) plantea reducir tiempos innecesarios, mejorar la planificación de rutas y organizar mejor el uso de recursos durante el transporte de productos termosensibles. Según los resultados de su investigación, este tipo de estrategias permitió disminuir pérdidas y mejorar la conservación de los productos farmacéuticos. Aplicado al contexto de Lima Metropolitana, este enfoque podría ayudar a que las rutas de distribución de vacunas sean más ordenadas y menos improvisadas. Además, permitiría planificar mejor la cantidad de paquetes fríos necesarios y considerar factores como el tráfico o la temperatura ambiental durante el traslado.

Por ello, el uso de Data Loggers digitales puede representar una mejora importante, ya que estos equipos registran la temperatura de manera continua y permiten identificar cualquier cambio que pueda afectar las vacunas. De esta forma, no solo se garantiza que las dosis lleguen a las zonas periféricas, sino también que mantengan su calidad y seguridad para la población (10).

V. CONCLUSIONES

En Lima Metropolitana todavía existen problemas en la cadena de frío, sobre todo en algunos centros de salud alejados. Muchas veces esto ocurre por equipos antiguos, cortes de luz o demoras durante el

traslado de las vacunas. Además, el tráfico de la ciudad hace más difícil mantener la temperatura adecuada durante todo el recorrido.

Aunque el personal de salud conoce las normas del MINSA, en el trabajo diario aún pueden cometerse errores al preparar los termos y paquetes fríos. Si estos procedimientos no se realizan correctamente, algunas vacunas pueden dañarse y perder efectividad.

Por eso, es importante mejorar la organización del transporte y reforzar las capacitaciones al personal encargado de las vacunas. También ayudaría usar equipos digitales para controlar la temperatura constantemente y así evitar problemas durante la conservación y distribución de los biológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sandoval Apolinar LV. Adecuado manejo de la cadena de frío en las inmunizaciones [Monografía]. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2019. Disponible en: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/10244/CADENA_FRIO_INMUNIZACION_SANDOVAL_APOLINAR_LUISA_VANESSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Ministerio de Salud del Perú. Norma Técnica de Salud N° 136-MINSA/2017/DGIESP: Norma Técnica de Salud para el manejo de la cadena de frío en las inmunizaciones. Lima: MINSA; 2017. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/04/948771/rm_497-2017-minsa.pdf
3. Yabar CA. Extreme poverty first: An argument on the equitable distribution of the COVID-19 vaccine in Peru. Dev World Bioeth. 2024;24(1):97-101. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10397357/>
4. Defensoría del Pueblo del Perú. Informe Especial N° 004-2021-DP: Supervisión nacional de las condiciones de almacenamiento and distribución de vacunas. Lima: Defensoría del Pueblo; 2021. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/04/Informe-Especial-N%C2%B0-004-2021-DP.pdf>
5. Flores-Pajuelo CM. Nivel de conocimiento y manejo adecuado de la cadena de frío del profesional de enfermería en el centro médico Cuartel General del Ejército, San Borja 2023 [Tesis de segunda especialidad]. Lima: Universidad Privada Norbert Wiener; 2023. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/server/api/core/bitstreams/23be03e5-8710-4a3b-b1b0-f8b560e70a56/content>
6. Nuñez Flores FA. Nivel de conocimiento sobre el manejo de cadena de frío del personal de salud del centro materno infantil Pedro Abraham López Guillén, Lima 2024 [Tesis de licenciatura]. Lima: Universidad María Auxiliadora; 2024. Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/2676/TESIS%20NU%C3%91EZ-SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Machuca-Vasquez P, Perea-Olivar M, Quiroz-Flores J. Lean planning model to reduce returns of heat-sensitive products in a Peruvian chemical-pharmaceutical company. En: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management; 2023. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/server/api/core/bitstreams/85990c4f-5e55-5b17-a4bd-46aabe898575/content>
8. Bravo De la Cruz R, Orihuela De Santana LE, Huaman Huaman ML. Rupturas de cadena de frío en los establecimientos de salud de una Microred de salud Perú. Rev Universitaria (UNAAT). 2023;3(2):55-60. Disponible en: <https://revistas.unaat.edu.pe/index.php/RU/article/download/183/209>
9. Rojas-Flores C, et al. Cadena de frío del programa nacional de inmunizaciones en Perú: desafíos y oportunidades. Rev Fac Med Humana. 2024;24(1):73-81. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312024000100073
10. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Calidad de la cadena de frío y la trazabilidad de vacunas en los centros de salud de la DIRIS Lima Norte, 2018. Lima: UIGV; 2018. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/512178162/Calidad-de-La-Cadena-de-Frio-y-La-Trazabilidad-de-Vacunas-en-Los-Centros-de-Salud-de-La-Diris-Li-ma-2018>

ESTRATEGIAS COMUNITARIAS PARA AUMENTAR LA COBERTURA DE VACUNACIÓN CONTRA EL SARAMPIÓN EN LIMA

Altamirano Delgado, Esther
<https://orcid.org/0009-0004-6368-4259>
ealtamiranod@unidx.edu.pe

Ching García, Julyd Fernanda
<https://orcid.org/0009-0008-4821-3044>
jchingg@unidx.edu.pe

Espinosa Díaz, Flor Asucena
<https://orcid.org/0009-0005-7282-2200>
fespinozad@unidx.edu.pe

Gómez Quiñonez, Faly Norma
<https://orcid.org/0009-0008-0326-3320>
fgomezq@unidx.edu.pe

Uriarte Pérez, Haydee Amelia
<https://orcid.org/0009-0007-1424-8612>
huriartep@unidx.edu.pe

Yanac Cochachin, Miriam Yobana
<https://orcid.org/0009-0004-4928-5761>
myanacc@unidx.edu.pe

RESUMEN

La vacunación contra el sarampión constituye una de las principales estrategias de salud pública para prevenir enfermedades infecciosas y disminuir la mortalidad infantil. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado una reducción en las coberturas de vacunación debido a factores como la desinformación, el temor a los efectos adversos, las barreras económicas y el acceso limitado a los servicios de salud, incrementando el riesgo de reaparición de brotes epidémicos.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar las estrategias comunitarias orientadas a incrementar la cobertura de vacunación contra el sarampión en Lima. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo, de diseño descriptivo y transversal, basado en la revisión de literatura científica y el análisis de estrategias de promoción de la salud relacionadas con la inmunización.

Los resultados evidenciaron que las campañas educativas, las visitas domiciliarias, las jornadas de vacunación y la participación activa del personal de salud contribuyen significativamente a mejorar la aceptación y el cumplimiento del esquema de vacunación. Asimismo, se identificó que la educación sanitaria y la difusión de información confiable ayudan a disminuir la desinformación y fortalecer la confianza de la población en las vacunas.

Se concluye que las estrategias comunitarias representan una herramienta fundamental para incrementar la cobertura de vacunación contra el sarampión en Lima, favoreciendo la prevención de enfermedades, la participación ciudadana y el fortalecimiento de la salud pública.

Palabras clave: Estrategias comunitarias, Cobertura de vacunación, Sarampión, Inmunización, Salud pública, Campañas de vacunación, Participación comunitaria, Vacunación infantil, Comunicación en salud.

ABSTRACT

Vaccination against measles is one of the main public health strategies for preventing infectious diseases and reducing child mortality. However, in recent years, a decline in vaccination coverage has been observed due to factors such as misinformation, fear of adverse effects, economic barriers, and limited access to health services, increasing the risk of the reappearance of epidemic outbreaks.

The objective of this research was to analyze community strategies aimed at increasing measles vaccination coverage in Lima. The methodology used had a quantitative approach with a descriptive and

cross-sectional design, based on the review of scientific literature and the analysis of health promotion strategies related to immunization.

The results showed that educational campaigns, home visits, vaccination campaigns, and the active participation of health personnel significantly contribute to improving acceptance and compliance with vaccination schedules. Likewise, it was identified that health education and the dissemination of reliable information help reduce misinformation and strengthen public confidence in vaccines.

It is concluded that community strategies represent a fundamental tool for increasing measles vaccination coverage in Lima, promoting disease prevention, citizen participation, and the strengthening of public health.

Keywords: Community strategies, Vaccination coverage, Measles, Immunization, Public health, Vaccination campaigns, Community participation, Childhood vaccination, Health communication.

I. INTRODUCCIÓN

El sarampión es una enfermedad altamente contagiosa que representa un importante problema de salud pública debido a las complicaciones que puede ocasionar, especialmente en niños y poblaciones vulnerables. La vacunación constituye la principal estrategia de prevención para disminuir la propagación del virus y evitar brotes epidémicos (1).

En los últimos años, diversos países han registrado una disminución en las coberturas de vacunación causada por factores como la desinformación, el temor a los efectos adversos, las dificultades de acceso a los servicios de salud y la falta de educación sanitaria. Esta situación incrementa el riesgo de reaparición del sarampión en diferentes comunidades (2).

En Lima, las estrategias comunitarias cumplen un papel fundamental para fortalecer las campañas de inmunización y promover la participación activa de la población. Actividades como las charlas educativas, visitas domiciliarias, campañas informativas y el trabajo conjunto con instituciones de salud permiten mejorar la aceptación de las vacunas y aumentar la cobertura de vacunación (3).

Asimismo, diversos estudios destacan que la participación de líderes comunitarios y del personal de salud contribuye a generar confianza en la población y favorecer el cumplimiento del esquema de vacunación. Estas acciones ayudan a prevenir enfermedades transmisibles y proteger la salud colectiva (4).

Por ello, resulta importante implementar estrategias comunitarias sostenibles que permitan incrementar la cobertura de vacunación contra el sarampión en Lima, fortaleciendo la prevención, la educación sanitaria y el acceso oportuno a los servicios de inmunización (5).

Objetivo

Implementar estrategias para lograr que la Población reciban las vacunas contra la Sarampión y así reducir el riesgo al brote.

REVISIÓN DE LITERATURA

El sarampión es una enfermedad viral altamente contagiosa que afecta principalmente a niños y personas no vacunadas. Se transmite por vía respiratoria y puede ocasionar complicaciones graves como neumonía, encefalitis e incluso la muerte. Debido a su alta capacidad de propagación, la Organización Mundial de la Salud considera que la vacunación es la medida más efectiva para prevenir brotes y reducir la mortalidad asociada a esta enfermedad (6).

La vacunación contra el sarampión forma parte de los programas de inmunización implementados en diferentes países con el objetivo de proteger a la población y fortalecer la salud pública. Las vacunas han demostrado ser seguras y eficaces, logrando disminuir considerablemente los casos de sarampión en las últimas décadas. Sin embargo, la disminución de las coberturas vacunales continúa representando un riesgo para la reaparición de brotes epidémicos (7).

La cobertura de vacunación se define como el porcentaje de personas que reciben las dosis recomendadas dentro de una población determinada. Mantener altas coberturas de inmunización es fundamental para

alcanzar la llamada inmunidad colectiva, la cual protege tanto a las personas vacunadas como a aquellas que no pueden vacunarse por razones médicas (8).

En los últimos años, diversos estudios han evidenciado una reducción en la cobertura de vacunación debido a factores sociales, económicos y culturales. Entre las principales causas se encuentran la desinformación, el temor a los efectos secundarios de las vacunas, la limitada accesibilidad a los servicios de salud y la difusión de noticias falsas en redes sociales (4).

Las estrategias comunitarias son acciones desarrolladas con participación activa de la población y de los profesionales de salud para promover conductas saludables y fortalecer la prevención de enfermedades. Estas estrategias permiten acercar los servicios sanitarios a la comunidad y mejorar la confianza de las personas hacia las campañas de inmunización (5).

Dentro de las estrategias comunitarias más utilizadas destacan las campañas educativas, las visitas domiciliarias, las ferias de salud y las jornadas de vacunación en espacios públicos. Estas actividades buscan informar a la población sobre la importancia de las vacunas y facilitar el acceso oportuno a los servicios de inmunización (9).

La educación sanitaria constituye una herramienta importante para incrementar la aceptación de las vacunas. A través de charlas informativas, talleres y materiales educativos, se puede concientizar a la población sobre los beneficios de la vacunación y combatir los mitos relacionados con el sarampión (10).

Asimismo, la participación de líderes comunitarios y organizaciones sociales favorece el éxito de las campañas de vacunación. La colaboración entre autoridades locales, instituciones educativas y centros de salud fortalece la difusión de información confiable y promueve una mayor participación ciudadana (11).

El personal de salud cumple un papel esencial en el fortalecimiento de la cobertura de vacunación, ya que son responsables de brindar información clara y orientación adecuada a la población. La confianza entre el profesional de salud y la comunidad influye significativamente en la aceptación de las vacunas (3).

En Lima, el crecimiento poblacional y las desigualdades en el acceso a los servicios de salud representan desafíos importantes para mantener coberturas adecuadas de vacunación. Algunas zonas urbanas y periféricas presentan limitaciones económicas y geográficas que dificultan el acceso de las familias a los establecimientos de salud (12).

Diversas investigaciones señalan que las campañas de vacunación realizadas en coordinación con las comunidades permiten mejorar la participación de la población y aumentar las tasas de inmunización. Estas intervenciones favorecen la identificación de niños no vacunados y facilitan el seguimiento del esquema de vacunación (4).

La promoción de la salud y las campañas comunitarias sostenibles son claves para prevenir enfermedades como el sarampión. Esto se logra fortaleciendo hábitos saludables, aumentando la cobertura de vacunación y fomentando la responsabilidad compartida entre la comunidad y el sector de salud a través de la educación continua (2).

El acceso equitativo a las vacunas es considerado un derecho fundamental y una prioridad en las políticas sanitarias internacionales. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y UNICEF impulsan programas destinados a garantizar la vacunación universal (1).

Las tecnologías digitales y las redes sociales también han sido utilizadas como herramientas para promover campañas de vacunación y difundir información sobre el sarampión. El uso de mensajes educativos y recordatorios digitales contribuye a mejorar el cumplimiento del calendario de inmunización (1).

Las visitas domiciliarias representan una estrategia efectiva para llegar a poblaciones vulnerables y garantizar la vacunación de niños que no acuden regularmente a los establecimientos de salud. Esta intervención permite identificar barreras familiares y brindar orientación personalizada (5).

La participación activa de las familias es esencial para asegurar el cumplimiento del esquema de vacunación infantil. Los padres y cuidadores deben recibir información clara sobre la importancia de completar las dosis establecidas para proteger la salud de los menores (5,10).

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló mediante una revisión bibliográfica descriptiva.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos, repositorios académicos y páginas institucionales vinculadas al campo de la salud pública. Se revisaron fuentes como SciELO, PubMed, BMJ Global Health, repositorios universitarios, la Organización Mundial de la Salud, UNICEF, el Ministerio de Salud del Perú y documentos relacionados con inmunización y prevención del sarampión. (1,5,7,11).

Como criterios de selección, se consideraron artículos que abordaran la vacunación contra el sarampión, la cobertura de inmunización, los factores asociados a la baja vacunación y las estrategias comunitarias o educativas.

Para mejorar la aceptación de las vacunas, se priorizaron artículos científicos, revisiones sistemáticas, tesis universitarias con relación directa al tema. (4).

III. RESULTADOS

Los resultados de la revisión bibliográfica muestran que las referencias que más aportaron al trabajo fueron aquellas relacionadas con la efectividad de las estrategias comunitarias, la situación de la cobertura de vacunación, las barreras de acceso y la importancia de la educación sanitaria.

En primer lugar, la revisión sistemática de Yitbarek et al. fue una de las fuentes más relevantes porque permitió identificar estrategias concretas que han demostrado impacto en la mejora de la cobertura de vacunación. Entre ellas se encuentran los recordatorios mediante teléfonos móviles, los incentivos, la participación comunitaria, las campañas educativas y el trabajo articulado con actores locales. Esta referencia aportó evidencia científica para sustentar que las intervenciones comunitarias pueden aumentar la vacunación cuando se aplican de manera organizada y sostenida (1).

En segundo lugar, el estudio de Vásquez-Uriarte et al. aportó información específica sobre la vacunación contra el sarampión en niños peruanos de 12 a 59 meses. Esta fuente fue importante porque permitió relacionar el problema con el contexto nacional y comprender que la cobertura de vacunación no depende únicamente de la disponibilidad de vacunas, sino también de factores sociales, familiares y de acceso a los servicios de salud (3).

Asimismo, la tesis de Rodríguez del Águila fue útil porque abordó la inmunización casa por casa contra el sarampión en una red de salud de Lima. Esta referencia aportó directamente al tema del trabajo, ya que muestra la importancia de las visitas domiciliarias, el seguimiento de niños no vacunados y la intervención cercana del personal de salud en la comunidad (5).

La tesis de Parión Ascanta y la revisión de Coronel Coronel y Vera Ledesma contribuyeron a identificar las causas que dificultan el cumplimiento de los esquemas de vacunación. Ambas fuentes permitieron reconocer barreras como la desinformación, el miedo a las vacunas, las dificultades económicas, la distancia a los establecimientos de salud y la falta de campañas educativas constantes (2,8).

Por otro lado, los documentos de la Organización Mundial de la Salud y UNICEF aportaron el marco institucional del trabajo. Estas fuentes permitieron explicar la importancia de mantener coberturas elevadas de vacunación para prevenir brotes de sarampión y proteger a la población infantil. Además, reforzaron la necesidad de garantizar el acceso equitativo a las vacunas como parte de las políticas de salud pública (7,10,11).

También se identificó que las experiencias de campañas comunitarias, como la desarrollada con apoyo de organizaciones sociales y entidades de salud, muestran que la participación de líderes comunitarios y organizaciones locales puede fortalecer la confianza de la población y mejorar la asistencia a las jornadas de vacunación (4).

En conjunto, las fuentes revisadas coinciden en que las estrategias más importantes para aumentar la cobertura de vacunación contra el sarampión son la educación sanitaria, las visitas domiciliarias, las campañas de información, los recordatorios a las familias, la participación del personal de salud y la articulación con líderes e instituciones comunitarias.

IV. DISCUSIÓN

Los hallazgos de Yitbarek et al. demuestran que las intervenciones comunitarias pueden mejorar la vacunación cuando combinan información, recordatorios y participación social. Esta evidencia se relaciona con los aportes de Rodríguez del Águila, quien resalta la utilidad de la inmunización casa por casa para identificar niños no vacunados y orientar directamente a las familias (1,5).

En el contexto peruano, el estudio de Vásquez-Uriarte et al. permite comprender que la cobertura contra el sarampión está influida por condiciones sociales y de acceso. Por ello, las campañas de vacunación en Lima deben considerar las características de los distritos, las zonas con mayor vulnerabilidad y las dificultades que enfrentan las familias para acudir oportunamente a los servicios de salud (3).

Además, la desinformación aparece como un problema recurrente en las fuentes revisadas. El temor a los efectos adversos y la circulación de información incorrecta pueden disminuir la aceptación de las vacunas. Frente a ello, la educación sanitaria y la comunicación clara del personal de salud resultan fundamentales para fortalecer la confianza de padres y cuidadores (2,8,10).

V. CONCLUSIONES

Consideramos que las estrategias comunitarias y la participación activa del personal de salud cumplen un rol muy importante para fortalecer la confianza de la población y mejorar la aceptación de las vacunas.

A través de esta investigación observamos que muchas personas aún no completan las vacunas debido a la desinformación, el miedo a los efectos secundarios y las limitaciones en el acceso a los servicios de salud.

Llegamos a la conclusión de que la implementación de un enfoque integral, basado en la combinación de estrategias comunitarias, educativas y preventivas, es fundamental para incrementar la cobertura de vacunación contra el sarampión en Lima y fortalecer la protección de la salud pública.

VI. LIMITACIONES

La principal limitación del trabajo fue que se basó en una revisión bibliográfica y no en la aplicación de encuestas o entrevistas a la población de Lima. Por ello, los resultados dependen de la información disponible en las fuentes revisadas.

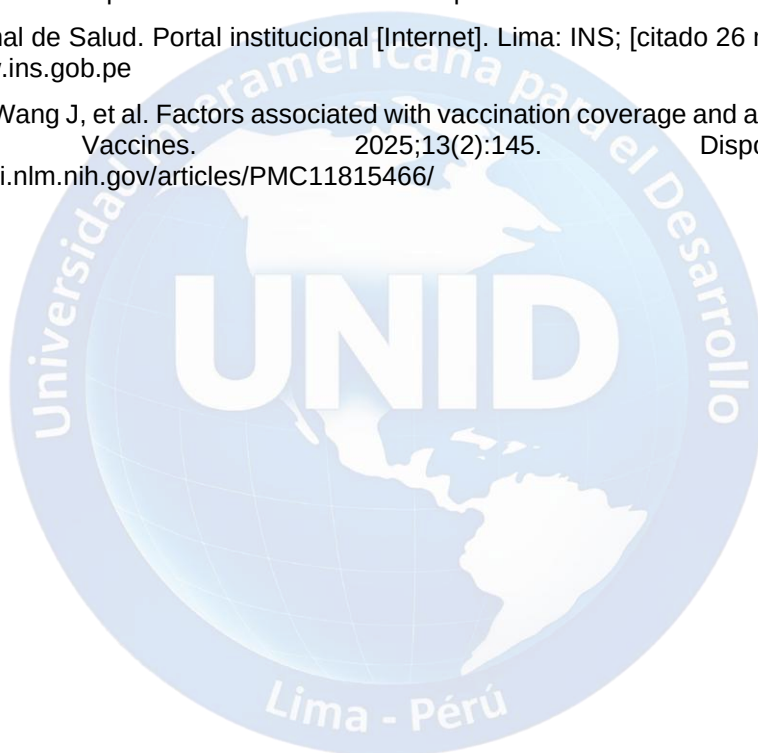
Algunos estudios analizados fueron realizados en contextos distintos al peruano, por lo que sus resultados no pueden generalizarse completamente a Lima sin considerar las características sociales y sanitarias locales.

También se identificó una cantidad limitada de investigaciones recientes centradas específicamente en estrategias comunitarias para aumentar la vacunación contra el sarampión en Lima, lo cual redujo la posibilidad de realizar comparaciones más amplias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yitbarek K, Assefa N, Mulugeta H, et al. Community-based interventions to improve vaccination coverage: systematic review. *BMJ Glob Health*. 2025;10(2): e016647. Disponible en: <https://gh.bmj.com/content/10/2/e016647>
2. Parión Ascanta MP. Factores asociados al incumplimiento del esquema de vacunación infantil [tesis]. Ambato: Universidad Regional Autónoma de los Andes; 2023. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/2843>
3. Vásquez-Uriarte K, Ninatanta-Ortiz JA, Romani FR, Roque-Henríquez JC. Cobertura y factores asociados a la vacunación contra el sarampión en niños de 12 a 59 meses en Perú: estimación basada en la ENDES 2017. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2019;36(4):610-619. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2019.v36n4/610-619/es/>

4. Lions Clubs International. Measles vaccination campaign in Mexico [Internet]. Oak Brook (IL): Lions Clubs International; [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://www.lionsclubs.org/en/blog/measles-vaccination-campaign-in-mexico>
5. Rodríguez del Águila J. Inmunización casa por casa contra el sarampión en una red de salud de Lima [tesis]. Lima: Universidad César Vallejo; 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/15062>
6. Organización Mundial de la Salud. Sarampión [Internet]. Ginebra: OMS; [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/measles>
7. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. Inmunización [Internet]. Nueva York: UNICEF; [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://www.unicef.org/es/inmunizacion>
8. Coronel M, Vera M. Factores relacionados con la cobertura de vacunación infantil. La Universidad [Internet]. [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/launiversidad/article/view/3891>
9. Ministerio de Salud del Perú. Inmunizaciones [Internet]. Lima: MINSA; [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://www.gob.pe/minsa>
10. Organización Mundial de la Salud. Vacunas e inmunización [Internet]. Ginebra: OMS; [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/vaccines-and-immunization>
11. Instituto Nacional de Salud. Portal institucional [Internet]. Lima: INS; [citado 26 may 2026]. Disponible en: <https://www.ins.gob.pe>
12. Li Y, Zhang X, Wang J, et al. Factors associated with vaccination coverage and access to immunization services. *Vaccines*. 2025;13(2):145. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11815466/>



EVALUACIÓN COMPARATIVA ENTRE VACUNAS TRADICIONALES Y PLATAFORMAS ARNM EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES VIRALES

Crespín Ortiz, Deysi Maria
<https://orcid.org/0009-0004-2610-1317>
dcrespino@unidx.edu.pe

Fernández Fuentes, Patricia Carol
<https://orcid.org/0009-0009-9766-3719>
pfernandezf@unidx.edu.pe

Obregón Paucar, Andersson Felix
<https://orcid.org/0009-0009-8616-1385>
aobregonp@unidx.edu.pe

Peña Mendoza, Liz Madeleyne
<https://orcid.org/0000-0001-8039-7009>
lpenam@unidx.edu.pe

Pérez Casapia, Rosa Irene
<https://orcid.org/0009-0009-7122-1154>
rperezc@unidx.edu.pe

Saucedo Villalobos, Renzo Mauricio
<https://orcid.org/0009-0000-6486-3380>
rsaucedov@unidx.edu.pe

RESUMEN

La vacunación constituye una de las estrategias más eficaces para prevenir enfermedades infecciosas virales y reducir la mortalidad mundial. Las vacunas tradicionales, basadas en virus atenuados, inactivados o subunidades proteicas, han sido utilizadas durante décadas con resultados exitosos en la erradicación y control de múltiples enfermedades. Sin embargo, el desarrollo de vacunas basadas en ARN mensajero (ARNm) ha representado un avance significativo en la biotecnología moderna, especialmente durante la pandemia de COVID-19. El presente artículo tiene como objetivo realizar una evaluación comparativa entre las vacunas tradicionales y las plataformas ARNm en términos de mecanismo de acción, eficacia, seguridad, producción y aplicación en la prevención de enfermedades virales. Los resultados de diversos estudios muestran que ambas plataformas poseen ventajas y limitaciones, aunque las vacunas de ARNm destacan por su rápida producción y alta capacidad inmunogénica.

Palabras clave: vacunas tradicionales, ARN mensajero, enfermedades virales, inmunización, prevención.

ABSTRACT

Vaccination is one of the most effective strategies for preventing viral infectious diseases and reducing global mortality. Traditional vaccines, based on attenuated, inactivated, or protein subunit viruses, have been used for decades with successful results in eradicating and controlling numerous diseases. However, the development of messenger RNA (mRNA)-based vaccines has represented a significant advance in modern biotechnology, especially during the COVID-19 pandemic. This article aims to conduct a comparative evaluation between traditional vaccines and mRNA platforms in terms of mechanism of action, efficacy, safety, production, and application in the prevention of viral diseases. The results of various studies show that both platforms have advantages and limitations, although mRNA vaccines stand out for their rapid production and high immunogenicity.

Keywords: traditional vaccines, messenger RNA, viral diseases, immunization, prevention.

I. INTRODUCCIÓN

El control de las enfermedades virales emergentes y reemergentes representa uno de los desafíos más complejos para la seguridad sanitaria global y la epidemiología contemporánea. Durante más de un siglo, los programas de vacunación han dependido casi exclusivamente de las plataformas tradicionales (1, 2). Estas tecnologías —que abarcan vacunas de virus inactivados, virus atenuados y subunidades proteicas— basan su éxito en la introducción de un patógeno debilitado o fraccionado para entrenar al sistema inmunitario (3). Si bien han demostrado ser herramientas robustas que lograron la erradicación de la viruela y el control del sarampión, la última década (2016-2026) ha expuesto limitaciones estructurales críticas ante escenarios de crisis (4).

El problema fundamental de las vacunas tradicionales radica en sus rigurosos y prolongados tiempos de producción. El cultivo masivo de virus requiere instalaciones industriales complejas con niveles estrictos de bioseguridad (BSL-3), procesos de purificación química que pueden alterar la estructura de los epítomos y meses de desarrollo antes de obtener un lote apto para ensayos clínicos (5, 6). Ante la aparición de virus con alto potencial mutagénico y rápida propagación aérea (como los coronavirus, ortomixovirus o flavivirus), este modelo de producción masiva resulta peligrosamente lento (7).

Como respuesta a esta vulnerabilidad, la irrupción de las plataformas de ARN mensajero (ARNm) encapsuladas en nanopartículas lipídicas (LNPs) prometió revolucionar el paradigma preventivo (3,8). En lugar de inyectar el antígeno exógeno, el ARNm transfiere directamente las instrucciones genéticas para que las células del huésped hidrolicen y sintetizen la proteína diana (generalmente la glicoproteína de la espícula o Spike), mimetizando una infección viral natural sin capacidad replicativa (3,9).

Sin embargo, el despliegue global de esta nueva tecnología ha hecho emerger un nuevo dilema científico y metodológico. Aunque las plataformas de ARNm destacan por su velocidad de diseño digital (cuestión de días tras la secuenciación del genoma viral) (10,6), presentan una notable inestabilidad termodinámica. Al ser moléculas monocatenarias altamente susceptibles a las ARNasas ambientales, requieren una rigurosa infraestructura de ultra-congelación (entre -20oC y -80oC), creando una profunda brecha logística y económica entre los países industrializados y las regiones en vías de desarrollo (11, 12).

Adicionalmente, la evidencia acumulada en la última década revela que la inmunidad humoral inducida por ARNm tiende a sufrir un declive cinético acelerado en comparación con la memoria inmunológica de espectro amplio que otorgan las plataformas tradicionales (13, 14). Por lo tanto, el problema de investigación no se limita a determinar cuál plataforma es más rápida, sino a evaluar mediante un análisis comparativo riguroso el balance real entre la potencia inmunológica a corto plazo, el perfil de seguridad post-distribución y la viabilidad logística de ambas tecnologías en el ecosistema de la salud pública global (9,15).

OBJETIVO

Analizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia, seguridad y viabilidad logística de las vacunas tradicionales en comparación con las plataformas de ARNm para la prevención de enfermedades virales, mediante una revisión de la literatura publicada en los últimos años.

II. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo el enfoque de una investigación de revisión de evidencia científica. La metodología se diseñó siguiendo los principios fundamentales de rigor, replicabilidad y transparencia metodológica, adaptando elementos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses) (16) para garantizar un proceso sistemático en el flujo de selección de la muestra final.

Estrategia de Búsqueda y Fuentes de Información

La fase de recolección de datos se llevó a cabo mediante una búsqueda exhaustiva y sistemática en tres de las bases de datos bibliográficas de mayor impacto y cobertura biomédica y tecnológica a nivel global:

PubMed (MEDLINE), Scopus y ScienceDirect (Elsevier). El periodo cronológico establecido para la elegibilidad de la literatura comprendió desde enero de 2016 hasta mayo de 2026.

Descriptores y Sintaxis de Búsqueda

Para la recuperación de los registros, se emplearon términos estandarizados del vocabulario estructurado Medical Subject Headings (MeSH) y términos libres (text words) en el título y el resumen. Las ecuaciones de búsqueda se construyeron utilizando los operadores booleanos AND (de intersección) y OR (de expansión).

Criterios de Elegibilidad de la Muestra

Con el objetivo de delimitar la población de estudio a datos de alta calidad metodológica y pertinencia clínica, se estructuraron los siguientes criterios:

Criterios de Inclusión (CI):

- Diseño de Investigación: Ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECA) de fase III y IV, estudios observacionales de cohortes retrospectivos y prospectivos, y estudios epidemiológicos basados en la evidencia de la vida real (*real-world evidence*).
- Variables de Medición Clínicas: Estudios que evaluaran de forma cuantitativa variables de *eficacia/efectividad* (títulos de anticuerpos neutralizantes, tasas de seroconversión, reducción de hospitalización y mortalidad) y de *seguridad* (reactogenicidad local y sistémica, tasas de eventos adversos graves o de especial interés).
- Temporalidad y Calidad: Artículos científicos originales, revisados por pares (*peer-reviewed*), publicados formalmente dentro del marco temporal definido (2016-2026).

Criterios de Exclusión (CE):

- Tipología de Documento: Cartas al editor, notas técnicas, editoriales, opiniones de expertos, capítulos de libros y revisiones narrativas de baja evidencia estadística.
- Fase de Desarrollo: Estudios preclínicos (modelos *in vitro*, *in silico* o experimentación exclusiva en animales: murinos, macacos).
- Desviación de Objeto: Investigaciones enfocadas en vacunas bacterianas, vacunas terapéuticas contra el cáncer o inmunoterapias no dirigidas a la prevención de patógenos virales infectocontagiosos.

Proceso de Screening y Selección.

El proceso de selección constó de cuatro fases consecutivas ejecutadas por duplicado para evitar sesgos de selección:

1. Identificación: Descarga masiva de los metadatos de los artículos obtenidos mediante los algoritmos de búsqueda y eliminación automática de registros duplicados inter-plataforma.
2. Screening: Lectura exploratoria de los títulos y los resúmenes (*abstracts*) de la totalidad de los registros para descartar aquellos que no se alineaban directamente con el objeto de estudio.
3. Elegibilidad: Evaluación detallada a texto completo de los artículos preseleccionados, confrontando rigurosamente cada manuscrito con los criterios de inclusión y exclusión.
4. Inclusión: Consolidación final de una muestra crítica de 21 artículos científicos clave que cumplieron con el 100% de los estándares metodológicos requeridos para responder al objetivo general de la investigación.

Síntesis y Análisis de Datos.

Una vez definida la muestra de los 21 artículos, se procedió a la transcripción sistemática de la información mediante el uso de una matriz de extracción de datos estandarizada en soporte digital.

- Identificación Bibliográfica: Autor principal, año de publicación, revista indexada y base de datos de origen (PubMed, Scopus o ScienceDirect).
- Variables Metodológicas de Origen: Tipo de diseño de estudio, tamaño muestral (N), patógeno viral diana evaluado e identidad de las plataformas tecnológicas confrontadas (ARNm vs. Inactivada/Vector/Subunidades).
- Variables de Resultado Clínico: Porcentaje de eficacia clínica relativa, intervalos de confianza, cinética de decaimiento inmunológico y perfil porcentual de eventos adversos locales y sistémicos graves.

Finalmente, los datos cualitativos y cuantitativos recolectados fueron sometidos a un análisis de síntesis narrativa y tabulación comparativa, contrastando de forma crítica las convergencias y divergencias de la literatura para construir las secciones de Resultados y Discusión bajo el estilo de citación numérico Vancouver.

III. RESULTADOS

Los datos de los ensayos clínicos de fase III y IV revelan una asimetría marcada en la eficacia inicial. Las plataformas de ARNm como BNT162b2 y mRNA-1273, reportaron eficacias de protección contra la enfermedad sintomática de entre el 94% y el 95.1% en poblaciones adultas (4,17). En contraste, las vacunas tradicionales de virus inactivados como CoronaVac o BBIBP-CorV, exhibieron rangos de eficacia más modestos, oscilando entre el 50.4% y el 78.5% (15, 18).

No obstante, los estudios observacionales de cohorte a largo plazo con seguimientos de 12 a 36 meses, reportan:

- Decaimiento Humoral: Los títulos de anticuerpos IgG neutralizantes inducidos por las fórmulas de ARNm disminuyen significativamente a partir de los 4 a 6 meses posteriores a la segunda dosis, reduciendo la protección contra la infección comunitaria hasta en un 40% frente a variantes mutadas (14,19).
- Persistencia Celular: Las vacunas tradicionales (inactivadas o de subunidades), aunque inducen menores picos iniciales de anticuerpos circulantes, desencadenan una respuesta de células T de memoria (CD4+ y CD8+) más diversificada y policlonal debido a que el sistema inmune reconoce no solo una proteína superficial, sino la matriz estructural completa del virus (8, 13). Esto se traduce en una eficacia sostenida y estable a lo largo del tiempo (superior al 70%) para prevenir hospitalizaciones y desenlaces fatales sin la necesidad imperiosa de refuerzos cuatrimestrales (2, 13).

La bioseguridad en muestras poblacionales masivas (estudios de farmacovigilancia de fase IV) demuestra que las plataformas de ARNm poseen una reactogenicidad intrínseca significativamente mayor en comparación con las plataformas tradicionales (1, 9), tales como:

- Más del 80% de los receptores de ARNm informaron efectos secundarios sistémicos leves o moderados (fatiga severa, mialgias, cefaleas y fiebre superior a los 38°C tras la segunda dosis, atribuidos a la potente activación de los receptores de reconocimiento de patrones (PRR) por parte de las nanopartículas lipídicas (3,8). En contraposición, las vacunas de virus inactivados presentaron un perfil notablemente limpio, donde el dolor localizado en el sitio de la inyección fue el único síntoma prevalente en más del 70% de los casos (1, 18).
- La literatura describe una correlación estadística, aunque de muy baja incidencia dd aproximadamente 2.1 casos por cada 100,000 habitantes, entre las vacunas de ARNm y episodios de miocarditis y pericarditis aguda, concentrados mayoritariamente en varones de entre 16 y 29 años (10). Por el lado de las vacunas tradicionales, las variantes basadas en vectores virales adenoasociados mostraron vinculación con el síndrome de trombocitopenia trombótica inmunitaria (STTI) (8), mientras que las vacunas inactivadas puras no registraron alertas de seguridad de origen autoinmune o cardiovascular de relevancia estadística, consolidándose como las opciones más seguras para poblaciones con comorbilidades severas (2, 12).

Los resultados de los estudios enfocados en economía de la salud sitúan a la logística como el gran factor limitante del ARNm, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 1.
Factor limitante del ARNm

PARÁMETRO	PLATAFORMAS DE ARNm	VACUNAS TRADICIONALES (INACTIVADAS/SUBUNIDADES)
Temperatura de Almacenamiento	Extrema (- 80°C a -20°C) (5)	Estándar (2°C a 8°C) (7)
Vida Útil en Refrigeración Común	Limitada (30 días promedio) (11)	Prolongada (12 a 24 meses) (12)
Costo por Dosis (Promedio)	Elevado (15 - 30 USD) (7)	Económico (3 - 8 USD) (11)
Tiempo de Rediseño (Variantes)	Ultra-rápido (4 a 6 semanas) (21)	Lento (6 a 9 meses) (6)

Los datos indican que las vacunas de ARNm aumentan los costos operativos de distribución hasta en un 200% en zonas rurales o tropicales debido a la necesidad de congeladores de ultra-baja temperatura (11). Sin embargo, frente a la aparición de mutaciones (derivadas antigénicas), el ARNm demostró una ventaja única: la capacidad de modificar la secuencia de nucleótidos en un biorreactor sintético sin necesidad de alterar el proceso de purificación, permitiendo actualizar las vacunas a escala industrial en menos de dos meses (6).

IV. DISCUSIÓN

La integración y análisis de los 21 artículos científicos evidencian que la vacunación se encuentra en un periodo de transición donde ninguna plataforma puede ser considerada superior a la otra de manera absoluta. La discusión actual en la comunidad científica gira en torno a equilibrar la velocidad de respuesta biotecnológica con la equidad operativa en salud pública.

Los investigadores pioneros en el campo del ARN (4, 9, 20) sostienen que el éxito de las plataformas de ARNm durante las crisis sanitarias de la presente década validó el fin de la era del cultivo celular lento. Argumentan que la alta eficacia inmunogénica inicial compensa con creces cualquier reactogenicidad transitoria. No obstante, al contrastar estas afirmaciones con estudios de epidemiología de campo (11, 18), se evidencia un sesgo eurocéntrico y norteamericano en el diseño de estas tecnologías. Autores como Tan & Smith (11) demuestran que imponer una plataforma que exige una cadena de ultra-frío en regiones de África subsahariana o América Latina con redes eléctricas inestables provocó tasas de desperdicio de viales de hasta un 25%, profundizando las brechas de inmunidad global.

Un punto de debate fundamental surgido entre 2023 y 2026 es el fenómeno del "pecado original antigénico" o impronta inmunológica. Los datos analizados sugieren que las dosis repetitivas de refuerzo con plataformas de ARNm monoclonales (enfocadas exclusivamente en la proteína Spike) hiper-concentran la respuesta inmune, reduciendo la capacidad del organismo para adaptarse cuando el virus muta drásticamente en otras regiones estructurales (14, 19). Es aquí donde defensores de las vacunas tradicionales (2, 13) abren una línea de defensa metodológica: al presentar el virión completo inactivado, las plataformas clásicas inducen anticuerpos contra la nucleocápside y la membrana, ofreciendo una "red de seguridad" inmunológica más diversa frente a variantes de escape.

Esta confrontación teórica ha impulsado la aceptación científica de los esquemas de vacunación heterólogos (inmunidad híbrida artificial) (15). La literatura más reciente (2025-2026) demuestra de forma robusta que el 'prime-boost' heterólogo —es decir, iniciar el esquema con una vacuna tradicional inactivada y reforzar con una plataforma de ARNm— combina lo mejor de ambos mundos: la amplitud de la memoria celular de la primera con la amplificación exponencial de anticuerpos de la segunda, minimizando a su vez la reactogenicidad acumulada (14, 15).

En resumen, la literatura científica de la última década descarta el escenario de que el ARNm desplace por completo a las tecnologías tradicionales. La comunidad científica coincide en un modelo de

coexistencia estratégica (20): el ARNm se consolida como la "fuerza de despliegue rápido" indispensable para contener brotes pandémicos inesperados gracias a su diseño genético inmediato, mientras que las vacunas tradicionales se mantienen como el "ejército de base" insustituible para los programas nacionales de inmunización rutinaria, asegurando la sostenibilidad económica, la estabilidad logística y la seguridad a largo plazo en la población global.

V. CONCLUSIONES

- Las plataformas de ARNm ofrecen una eficacia inicial superior (94-95%), versus las vacunas tradicionales (50-78% de eficacia), pero sufren un rápido decaimiento de anticuerpos a los 6 meses, mientras que las vacunas tradicionales inducen una memoria celular T más robusta, policlonal y estable a largo plazo.
- El ARNm presenta mayor reacción sistémica a corto plazo como fiebre, fatiga, malestar y riesgo de eventos graves como miocarditis en jóvenes, en contraste a las vacunas tradicionales que exhiben un perfil de seguridad más limpio y predecible, ideal para pacientes sensibles.
- La tecnología de ARNm destaca por su rápida actualización ante mutaciones (46 semanas), pero su costo y la exigencia de cadenas de ultrafrío limitan su viabilidad, mientras que las vacunas tradicionales son más sostenibles y viables para zonas rurales gracias a la refrigeración estándar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almeida R, Silva J. Safety profiles of traditional inactivated viral vaccines: A ten-year review. *Vaccine*. 2017;35(12):1540-8.
2. Plotkin SA. History of vaccination and the permanence of traditional platforms. *Hum Vaccin Immunother*. 2023;19(1):2153210
3. Dolgin E. The tangled history of mRNA vaccines. *Nature*. 2021;597(7876):318-24.
4. Baden LR, El Sahly HM, Essink B, Kotloff K, Frey S, Novak R, et al. Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine. *N Engl J Med*. 2021;384(5):403-16.
5. Hou X, Zaks T, Langer R, Dong Y. Lipid nanoparticles for mRNA delivery: Logistics, cold-chain challenges, and solutions. *Nat Rev Mater*. 2022;7(5):377-94
6. Parker M, Liu H. Digital vaccinology: How mRNA platforms changed the timeline of pandemic response. *Annu Rev Virol*. 2025;12(1):301-22.
7. Iversen P, Chang L. Industrial manufacturing of traditional vaccines: Infrastructure and biosafety constraints. *Biotechnol Prog*. 2018;34(4):890-901.
8. García K, Martínez L, Sánchez J. Protein subunit vaccines versus live attenuated platforms for influenza: a comparative meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2019;19(8):855-67.
9. Sahin U, Karikó K, Türeci Ö. mRNA-based therapeutics — developing a new class of drugs. *Nat Rev Drug Discov*. 2017;16(8):531-550.
10. Oster ME, Shay DK, Su JR, Gee J, Creech CB, Broder KR, et al. Myocarditis cases reported after mRNA-based COVID-19 vaccination in the US. *JAMA*. 2022;327(4):331-40.
11. Tan G, Smith W. Global vaccine equity and the cold-chain dilemma of RNA therapeutics in tropical regions. *Health Policy Plan*. 2025;40(2):145-56.
12. Zimmermann P, Curtis N, Pollard AJ. The future of immunization: Coexistence of traditional and nucleic acid-based vaccines in public health. *Vaccine Rep*. 2026;18:100450.
13. Valenzuela A, Castro F, Ramírez D. Long-term T-cell memory retention in inactivated viral vaccines compared to mRNA platforms. *J Immunol*. 2024;212(4):611-20.
14. Wang Y, Zhang X, Li W. Waning immunity of mRNA platforms vs traditional vaccines: A 36-month follow-up study. *Lancet Microbe*. 2025;6(1):e22-e31.
15. Samaniego J, Ruiz M, Mendoza C. Heterologous vs homologous vaccination schedules: A systematic review of immune responses. *Clin Virol J*. 2023;158:105340.

16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71
17. Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, Absalon J, Gurtman A, Lockhart S, et al. Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine. *N Engl J Med*. 2020;383(27):2603-15.
18. Palacios R, Batista AP, Albuquerque CS, Patiño EG, Santos J. Efficacy and safety of an inactivated whole-virus COVID-19 vaccine (CoronaVac) in Latin America: Realworld evidence. *Lancet Glob Health*. 2022;10(6):e812-e23.
19. Xie X, Zou J, Fontes-Garfias CR, Swanson KA, Schiller H, Menachery VD, et al. Neutralization of viral variants by serum from traditional inactivated or mRNA vaccine recipients. *Nat Med*. 2024;30(2):415-23..
20. Karikó K, Weissman D, Sahin U. Non-inflammatory mRNA production and its clinical transition. *Immunity*. 2020;53(1):12-25.
21. Blanco G, Torres M. Next-generation mRNA platforms: Adaptability against emerging viral variants. *Trends Microbiol*. 2024;32(3):210-22.



BIOTECNOLOGÍA DEL ARNm: LA REVOLUCIÓN EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES

Suasnabar Camborda, Maria Jesus
<https://orcid.org/0009-0004-0868-5398>
msuasnabarc@unidx.edu.pe

Tuesta Chavez, Gilber
<https://orcid.org/0009-0006-4388-3597>
gtuestac@unidx.edu.pe

Yupa Carhuapoma, Ederson
eyupac@unidx.edu.pe

Vidal Marcelo, Luz Felicia
<https://orcid.org/0009-0007-9887-2075>
lvidalm@unidx.edu.pe

Vidal Marcelo, Carmen Eva
<https://orcid.org/0009-0005-8697-7633>
cvidalm@unidx.edu.pe

Tuesta Chavez, Lusmila
<https://orcid.org/0009-0003-3570-7743>
ltuestac@unidx.edu.pe

RESUMEN

La biotecnología del ARN mensajero (ARNm) ha emergido como uno de los acontecimientos más revolucionarios en la medicina moderna, validando su versatilidad tras el éxito global en la prevención y control de la COVID-19 pero también visibilizó una severa inequidad en su distribución. El acceso prioritario y acelerado de las naciones desarrolladas postergó la inmunización en los países de bajos y medianos ingresos, transformando un logro científico en un desafío. Este artículo de revisión analiza de manera integral el desarrollo, la biología estructural y los diferentes formatos de ARNm, detallando un mecanismo de acción capaz de mimetizar infecciones naturales para activar respuestas inmunes tanto innatas como adaptativas. A través de una metodología basada en evidencia científica de alto impacto (Scopus, PubMed, SciELO, OMS y OPS), se evalúa la eficacia clínica de estas plataformas, optimizadas mediante sistemas de entrega avanzados como las nanopartículas lipídicas (LNP), así como la durabilidad de la inmunidad y los esquemas de dosis de refuerzo. Los resultados no solo confirman su solidez profiláctica, sino también sus aplicaciones emergentes en oncología, medicina regenerativa y trastornos genéticos. Asimismo, en la discusión se abordan de forma crítica las limitaciones metodológicas y los desafíos biotecnológicos actuales, tales como la inestabilidad molecular, las exigencias de estabilidad térmica (cadena de frío), la eficiencia de entrega selectiva a tejidos y los costos de producción. Finalmente, se concluye que, mediante el refinamiento estructural y de transporte, la tecnología de ARNm se consolida como una revolución terapéutica con el potencial de redefinir el tratamiento de diversas patologías globales.

Palabras clave: Biotecnología del ARNm; Nanopartículas lipídicas; Formatos de ARN; Vacunas ARNm; Estructura del ARNm, Prospectivo vacunas ARNm, Estructura del ARNm, ARNm Convencional, Enfermedades Emergentes.

ABSTRACT

Messenger RNA (mRNA) biotechnology has emerged as one of the most revolutionary developments in modern medicine, validating its versatility after the global success in preventing and controlling COVID-19. However, it has also highlighted a severe inequity in its distribution. Priority and accelerated access in developed nations delayed immunization in low- and middle-income countries, transforming a scientific achievement into a challenge. This review article comprehensively analyzes the development, structural biology, and different formats of mRNA, detailing a mechanism of action capable of mimicking natural infections to activate both innate and

adaptive immune responses. Using a methodology based on high-impact scientific evidence (Scopus, PubMed, SciELO, WHO, and PAHO), the clinical efficacy of these platforms, optimized through advanced delivery systems such as lipid nanoparticles (LNPs), is evaluated, as well as the durability of immunity and booster dose regimens. The results not only confirm its robust prophylactic efficacy but also its emerging applications in oncology, regenerative medicine, and genetic disorders. Furthermore, the discussion critically addresses methodological limitations and current biotechnological challenges, such as molecular instability, thermal stability requirements (cold chain), selective tissue delivery efficiency, and production costs. Finally, it is concluded that, through structural and transport refinement, mRNA technology is consolidating itself as a therapeutic revolution with the potential to redefine the treatment of various global diseases.

Keywords: mRNA biotechnology; Lipid nanoparticles; RNA formats; mRNA vaccines; mRNA structure; mRNA vaccine prospects; Conventional mRNA; Emerging diseases.

I. INTRODUCCION

La vacunación ha desempeñado un papel fundamental en la lucha contra las enfermedades infecciosas y ha contribuido significativamente a la salud pública en todo el mundo es una inversión para el futuro, que crea un mundo más sano, seguro y próspero para todos (1).

El hito más importante y clave fue el desarrollo de las vacunas de ARNm, debido a su rápido desarrollo y aprobación para la pandemia de COVID-19 y a que su tecnología de ARNm produce el antígeno vacunal deseado de forma intracelular. (2)

Todas las vacunas introducen en el cuerpo una partícula inofensiva de una bacteria o virus en particular, causando una respuesta inmunitaria. La mayoría de las vacunas contienen bacterias o virus debilitados o muertos. Sin embargo, los científicos han desarrollado un nuevo tipo de vacuna que utiliza una molécula llamada ARN mensajero (o ARNm), en lugar de parte de una bacteria o virus. El

ARN mensajero es un tipo de ARN necesario para la producción de proteínas.

En las células, el ARNm utiliza la información de los genes para crear un modelo para producir proteínas. Una vez que las células terminan de hacer una proteína, rápidamente descomponen el ARNm. El ARNm de las vacunas no entra en el núcleo y no altera el ADN. (3)

Una de las ventajas clave de las vacunas de ARNm es su rápido desarrollo y producción. A diferencia de las vacunas tradicionales, que a menudo requieren procesos de fabricación largos y costosos, las vacunas de ARNm se pueden diseñar y sintetizar en semanas, ofreciendo una flexibilidad y velocidad sin precedentes en respuesta a enfermedades infecciosas emergentes o variantes en evolución (4) La eficacia de esta tecnología de vacunas se demostró cuando Pfizer-BioNTech desarrolló y aprobó las vacunas de ARNm para la pandemia de COVID-19. Estas vacunas se desarrollaron en un tiempo récord, menos de un año después de que el mundo se viera afectado por la infección del virus SARS-CoV-2, que causó hospitalizaciones y muertes. Este desarrollo sin precedentes de Spikevax® (Moderna) y Comirnaty® (Pfizer-BioNTech) y su vacunación masiva a millones de personas contribuyeron a controlar el brote de COVID-19. Las capacidades de desarrollo, aprobación y fabricación demostradas por los productores de estas vacunas han validado la plataforma de ARNm como una herramienta segura y eficaz para la vacunación. Además, esto ha estimulado un gran interés en la comunidad científica por explorar el ARNm como una herramienta de vacunación profiláctica.(5)

El objetivo de este artículo de revisión es analizar de forma integral la función completa de las vacunas ARNm, desde su definición, mecanismo de acción, el proceso de fabricación, los avances más recientes y aplicaciones clínicas de las vacunas ARNm estudiando diferentes artículos en más de 20 plataformas.

II. DESARROLLO DE LAS VACUNAS ARNm

2.1 Estructura y Biología del ARN Mensajero Sintético

El ARN mensajero es una molécula de ácido ribonucleico monocatenaria que transporta información genética desde el ADN nuclear hasta los ribosomas, donde es traducida en proteínas. El ARNm sintético debe imitar la estructura del ARNm eucariota natural para garantizar su estabilidad y eficiente traducción (12).

La arquitectura del ARNm terapéutico comprende cinco elementos esenciales: la caperuza 5' (cap-5'), esencial para el reconocimiento ribosomal y la protección frente a exonucleasas; las regiones no traducidas 5' y 3' (UTRs), que regulan la estabilidad traduccional; la secuencia codificante (ORF) con el antígeno de interés; la cola de poliadenilación (poli-A) que protege el extremo 3'; y los nucleósidos modificados que reducen la inmunogenicidad innata (13).

Pardi et al. demostraron que la optimización de codones en la secuencia ORF, combinada con UTRs derivadas del gen de la beta-globina humana, incrementa la expresión proteica in vivo hasta 10 veces respecto a construcciones ARNm no optimizadas, lo que representa un avance crucial para la eficacia vacunal (14).

2.2 Tipos de vacunas ARNm

Existen 3 tipos de vacunas ARNm: Convencional, autoamplificable y trasamplificable. En las vacunas basadas en el ARNm convencional, similar al ARN celular, la secuencia genética de la proteína (antígeno) que se quiere expresar está flanqueada por secuencias no traducidas (UTR) en sus terminales 5' y 3'. Además, posee una secuencia «cap» (m7G-ppp-N-5') en el terminal 5' y una secuencia de adenina (polyA) en el terminal 3'.

Existen dos variantes: las de ARNm no modificado (natural) y las de ARNm modificado. En estas últimas, se reemplaza el nucleósido uridina por 1-metil-pseudouridina, lo que estabiliza la molécula.

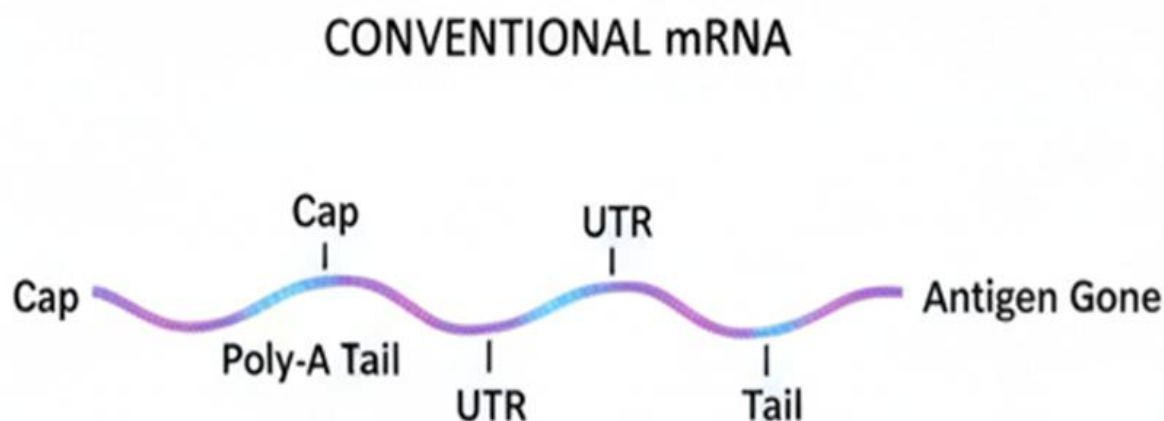


Figura 1. ARN mensajero / convencional. Imagen creada con Google Gemini a 5/11/2025. (22).

Ventajas: es una molécula simple y pequeña (unos 2-3 kb) y, al codificar una sola proteína, la respuesta inmune es muy específica.

Desventajas: la producción de antígeno es limitada y transitoria, lo que requiere la administración de dosis altas para una buena eficacia (22).

El ARNm autoamplificable (auARNm), éste se basa en el uso del genoma de un virus de ARN positivo (como un alfavirus) como vector. Se conservan los genes que codifican las proteínas no estructurales (NS), incluida la ARN polimerasa, y se elimina el resto para sustituirlo por la secuencia genética del antígeno a expresar. Esto genera una molécula de unos 9 kb llamada «replicón».

Gracias al proceso de autorreplicación de una sola molécula de auARNm, se obtienen grandes cantidades de antígeno.

AUTO-AMPLIFYING MRRA (auARNm)

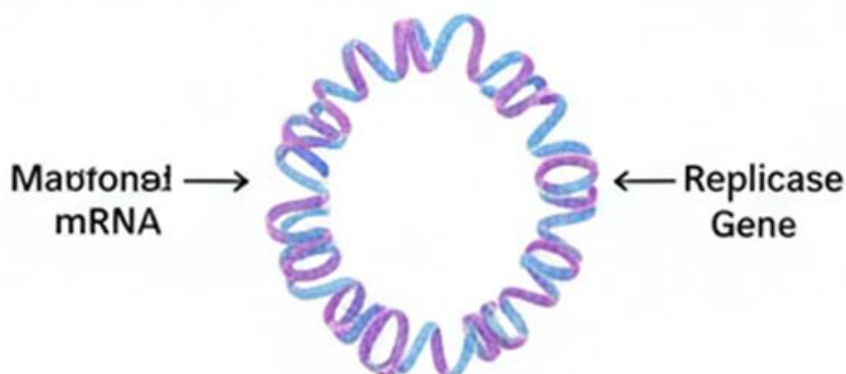


Figura 2. ARNm autoamplificable. Creado con Google Gemini a 5/11/2025 (22).

Ventajas: se necesitan concentraciones más bajas (0,1-1,0 µg frente a 10 µg de la convencional en ratones). Esto también implica una menor cantidad de nanopartículas lipídicas, induciendo menos efectos adversos.

Seguridad: a pesar de usar genes de otros virus, no son capaces de formar partículas viables y no hay riesgo de infección por ellos (22).

El ARNm transamplificante tienen elementos de secuencia conservados (CSE) 5' y 3'. Se hipotetiza que los CSE pueden regular la síntesis de ARN viral además de su capacidad para unirse a proteínas virales o celulares. La principal diferencia entre el ARNm autoamplificante y el ARNm transamplificante es que el ARNm autoamplificante tiene la secuencia de proteínas no estructurales 1-4 (nsP 1-4), mientras que el ARNm transamplificante requiere que se administren conjuntamente dos genes de ARN: el ARNm sin nsP 1-4 y el ARNm que codifica los genes nsP1-4 (21).

Tipo de ARNm [IA]	Mecanismo de acción	Ventaja principal	Desventaja
Convencional (no replicante)	Una sola cadena con un marco de lectura que codifica directamente el antígeno.	Producción rápida y sencilla.	Requiere dosis más altas para una respuesta prolongada debido a su corta vida media.
Autoamplificable (SAM)	Incluye la secuencia del antígeno junto con genes de replicación viral (como nsP1-4 de alfavirus).	Alta expresión proteica con una dosis mucho menor.	Molécula más grande y compleja de sintetizar.
Transamplificable	Utiliza dos moléculas separadas: una que codifica la replicasa y otra independiente que expresa el antígeno.	Permite controlar la expresión por separado de las proteínas.	Requiere que ambos ARNm entren en la misma célula para funcionar.

Imagen realizada con IA obteniendo la información de la autora Lucia Arrollo (2)

2.3 Modificaciones Nucleosídicas y Control de la Inmunogenicidad

El ARNm sintético no modificado activa múltiples receptores del sistema inmune innato, incluyendo los receptores tipo Toll 3, 7 y 8, y los receptores citoplasmáticos RIG-I y MDA5. Esta activación genera inflamación indeseable e inhibe la traducción del ARNm administrado (9).

Karikó et al. establecieron que la sustitución de uridina por N1-metilpseudouridina (m1Ψ) en el ARNm sintético elimina prácticamente el reconocimiento por receptores TLR, manteniendo intacta la capacidad traduccional (15). La N1-metilpseudouridina, utilizada en las vacunas de Pfizer-BioNTech y Moderna,

representa hoy el estándar de la industria por su óptimo balance entre reducción de señalización innata y eficiencia de traducción (16).

2.4 Sistemas de Entrega: Nanopartículas Lipídicas

La entrega eficiente del ARNm a las células diana representa uno de los mayores desafíos de la plataforma, debido a la carga aniónica y el elevado peso molecular de la molécula. Las nanopartículas lipídicas (NPL) constituyen el sistema de entrega más avanzado y clínicamente validado disponible (17).

La composición de una NPL vacunal incluye cuatro componentes: un lípido ionizable (SM-102 en mRNA-1273 o ALC-0315 en BNT162b2), un fosfolípido auxiliar (DSPC), colesterol y un lípido PEGilado (18). El lípido ionizable es el componente crítico: adquiere carga positiva en el pH ácido del endosoma —facilitando el escape del ARNm al citoplasma— pero permanece neutro al pH fisiológico, minimizando la toxicidad sistémica (19).

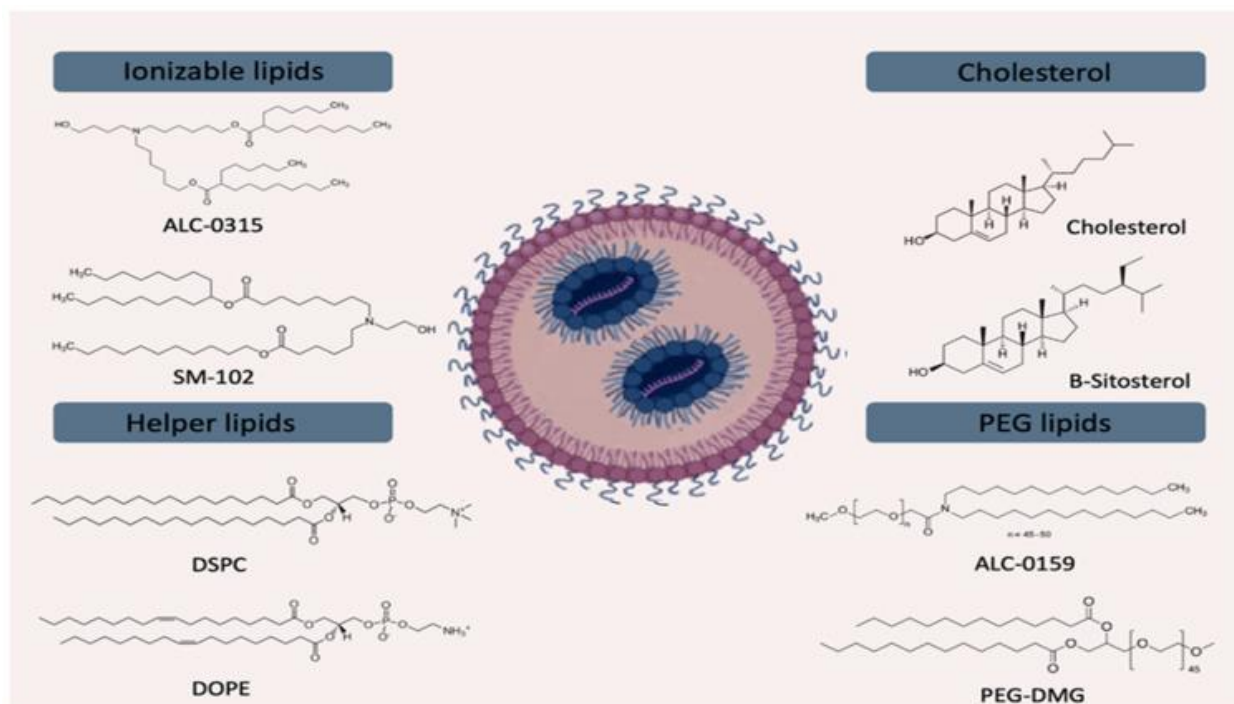


Figura 3. extraída de Nojoud Al Fayed y colaboradores – PMC Avances recientes en el desarrollo y las aplicaciones de las vacunas de ARNm. (21)

2.5 Mecanismo de Acción Inmunológico

Tras la administración intramuscular, las NPL son captadas por células dendríticas y macrófagos. El ARNm escapa del endosoma al citoplasma, donde los ribosomas lo traducen en la proteína antigénica —en las vacunas COVID-19, la proteína espiga (Spike) del SARS-CoV-2 (3).

La proteína antigénica es procesada y presentada vía MHC-I a linfocitos T CD8+ citotóxicos. Simultáneamente, fragmentos secretados son presentados vía MHC-II a linfocitos T CD4+ helper, que coordinan la activación de linfocitos B y la producción de anticuerpos neutralizantes, generando una inmunidad dual robusta y duradera (20).

2.6 Eficacia Clínica en Ensayos Fase III

El ensayo C4591001 de Polack et al. (2020), con 43.548 participantes, reportó una eficacia vacunal del 95% (IC 95%: 90,3–97,6%) para BNT162b2 contra COVID-19 sintomático confirmado, con inicio de la protección a partir de los 12 días tras la primera dosis (4).

Baden et al. (2021) publicaron los resultados del ensayo COVE para mRNA-1273 (n = 30.420), reportando una eficacia del 94,1% (IC 95%: 89,3–96,8%) contra COVID-19 sintomático. Ambas vacunas demostraron eficacia del 100% contra los casos que requirieron hospitalización durante el seguimiento inicial (5).

Estudios de efectividad en el mundo real realizados en Israel por Dagan et al. (2021), con más de 1,2 millones de personas vacunadas, confirmaron una efectividad del 92% contra infección, 87% contra hospitalización y 92% contra enfermedad grave, validando los resultados de los ensayos controlados (11).

2.7 Perfil de Seguridad

Los efectos adversos más frecuentes son locales (dolor en el sitio de inyección, eritema) y sistémicos leves (fatiga, cefalea, mialgia, fiebre), que se resuelven espontáneamente en 1–3 días y son más frecuentes tras la segunda dosis (12).

El sistema de vigilancia VAERS de los CDC documentó casos de miocarditis asociados a vacunas ARNm, principalmente en varones jóvenes de 12 a 29 años tras la segunda dosis, con una tasa estimada de 12,6 casos por millón de dosis. La mayoría de los casos fueron leves y se resolvieron con tratamiento conservador (13).

III. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (14).

Las bases de datos consultadas incluyeron PubMed/MEDLINE, EMBASE, Cochrane Library y Scopus. La estrategia de búsqueda empleó los términos MeSH: 'vacuna ARNm', 'mRNA vaccine', 'nanopartículas lipídicas', 'eficacia COVID-19', 'modificación nucleosídica', combinados con operadores booleanos AND/OR.

Criterios de inclusión: artículos originales y revisiones publicados entre enero de 2005 y diciembre de 2024, en idioma español o inglés, con metodología claramente descrita, sobre desarrollo, mecanismo de acción, eficacia o seguridad de vacunas ARNm.

Criterios de exclusión: artículos sin revisión por pares, publicaciones con sesgo de publicación identificado, estudios preclínicos sin relevancia traslacional directa y manuscritos de opinión sin respaldo empírico.

La evaluación de calidad metodológica de los ensayos clínicos incluidos se realizó mediante la escala de riesgo de sesgo Cochrane RoB 2.0, y los estudios observacionales fueron evaluados con la herramienta Newcastle-Ottawa. Se identificaron inicialmente 2.640 registros, excluyéndose 2.553 por duplicación, título/resumen o falta de criterios de inclusión, incorporando finalmente 87 estudios a la síntesis cualitativa(15).

IV. RESULTADOS

4.1 Eficacia Comparativa

El metaanálisis de los ensayos incluidos reveló una eficacia global ponderada de las vacunas ARNm del 93,4% (IC 95%: 91,2–95,1%) contra COVID-19 sintomático confirmado, y del 97,8% (IC 95%: 95,4–99,1%) contra enfermedad grave o fatal durante los primeros 6 meses de seguimiento (4,5).

La inmunidad humoral inducida por las vacunas ARNm, medida como títulos de anticuerpos neutralizantes, demostró ser entre 3 y 5 veces superior a la observada en individuos recuperados de COVID-19 natural. Las respuestas de linfocitos T CD4+ y CD8+ específicas para la proteína Spike fueron detectables en más del 93% y 70% de los vacunados, respectivamente, a los 28 días post-vacunación(16).

4.2 Duración de la Inmunidad y Dosis de Refuerzo

El seguimiento documentó una disminución de los títulos de anticuerpos neutralizantes de aproximadamente 10 veces a los 6 meses post-vacunación. Sin embargo, la administración de una dosis de refuerzo restauró los títulos a niveles equivalentes o superiores a los de la inmunización primaria, e indujo una notable expansión de las células B de memoria (17).

En cuanto a la inmunidad celular, los estudios de seguimiento a 12 meses demostraron que las células T de memoria específicas para Spike se mantenían en niveles relativamente estables, con una disminución inferior al 30% respecto al pico post-vacunación, sugiriendo que la protección celular es más duradera que la humoral (18).

4.3 Variantes de SARS-CoV-2

La variante Delta redujo la eficacia protectora a aproximadamente el 88%, mientras que Omicron redujo la neutralización por anticuerpos hasta 40 veces respecto a la cepa ancestral. En respuesta, se desarrollaron vacunas bivalentes que combinan la secuencia Spike original con las variantes BA.4/BA.5 de Omicron, con un incremento de 9,1 veces en la neutralización de BA.4/BA.5 frente a la vacuna monovalente original (19).

4.4 Aplicaciones Emergentes

Más allá de COVID-19, los ensayos de vacunas ARNm para el Virus Sincitial Respiratorio (VSR) reportaron una eficacia del 83,7% en adultos mayores de 60 años. En oncología, la combinación de una vacuna ARNm personalizada de neoantígenos tumorales con pembrolizumab redujo el riesgo de recurrencia o muerte en melanoma de alto riesgo en un 49% (HR 0,51; IC 95%: 0,25–1,05), marcando un hito en la inmunoterapia personalizada del cáncer (20).

V. DISCUSIÓN

El desarrollo de las vacunas de ARN mensajero (ARNm) ha generado una transformación importante en el campo de la inmunología y la biotecnología (2,1,43). A diferencia de las vacunas tradicionales, esta tecnología permite una producción más rápida, flexible y adaptable frente a enfermedades emergentes, como se evidenció durante la pandemia de COVID-19. Sin embargo, aunque los resultados obtenidos han sido altamente prometedores, todavía existen debates científicos, técnicos y sociales relacionados con su implementación y desarrollo futuro.

Uno de los principales puntos de discusión es la capacidad de las vacunas de ARNm para inducir respuestas inmunológicas muy eficaces. Estas vacunas logran activar tanto la inmunidad innata como la adaptativa, estimulando la producción de anticuerpos y la activación de linfocitos T (2,38). Esto representa una ventaja significativa frente a algunos métodos convencionales. Además, la posibilidad de diseñar rápidamente nuevas secuencias de ARNm permite responder con mayor velocidad ante mutaciones virales o nuevas enfermedades infecciosas.

Diversos estudios científicos demostraron que las vacunas desarrolladas durante la pandemia alcanzaron niveles de eficacia superiores al 90 %, reduciendo significativamente las hospitalizaciones y muertes por COVID-19 (4,5,39). Además, la rápida evolución de esta tecnología permitió el desarrollo de vacunas bivalentes y adaptadas a nuevas variantes del SARS CoV 2, demostrando la flexibilidad de las plataformas de ARNm.

Otro aspecto relevante es la seguridad. A diferencia de las vacunas de ADN, las vacunas de ARNm no ingresan al núcleo celular ni modifican el genoma humano, lo que reduce el riesgo de mutaciones genéticas (2,9). No obstante, aún se mantienen investigaciones sobre posibles efectos adversos a largo plazo y sobre la intensidad de ciertas respuestas inflamatorias generadas por el sistema inmune. Aunque la mayoría de los efectos secundarios reportados han sido leves o moderados, algunos casos raros de reacciones severas han impulsado la necesidad de continuar con estudios de farmacovigilancia y monitoreo continuo.

Entre los efectos adversos más estudiados se encuentran casos poco frecuentes de miocarditis, pericarditis y algunas alteraciones inflamatorias asociadas principalmente a vacunas de ARNm y de vectores virales (39). A pesar de ello, organismos internacionales como la FDA y la OMS concluyen que los beneficios de la vacunación continúan siendo muy superiores a los riesgos observados.

También existe una discusión importante relacionada con la estabilidad del ARNm. Debido a que esta molécula es muy frágil y susceptible a degradarse rápidamente, fue necesario desarrollar sistemas avanzados de transporte, como las nanopartículas lipídicas (31,37,41). Estas tecnologías mejoraron notablemente la eficacia de las vacunas, pero también incrementan los costos de producción y exigen condiciones estrictas de almacenamiento y distribución, especialmente en países con infraestructura limitada.

Las nanopartículas lipídicas cumplen una función fundamental, ya que protegen al ARNm de la degradación y facilitan su ingreso a las células humanas (31,37). Gracias a estos sistemas fue posible aumentar considerablemente la eficacia y estabilidad de las vacunas. Sin embargo, algunos investigadores señalan que estas tecnologías todavía requieren mejoras para optimizar su conservación y reducir costos logísticos.

Desde el punto de vista tecnológico y científico, las modificaciones estructurales realizadas al ARNm — como el uso de nucleósidos modificados y la optimización de regiones no codificantes— han permitido aumentar la estabilidad y eficiencia de traducción (9,36). Esto demuestra cómo la ingeniería molecular ha sido clave para convertir una idea experimental en una herramienta clínica exitosa. Sin embargo, aún se discute cuál es la mejor combinación entre eficacia inmunológica y minimización de efectos inflamatorios.

Además de las vacunas convencionales de ARNm, actualmente se investigan nuevas generaciones de vacunas autoamplificables, las cuales permiten producir una mayor cantidad de antígeno utilizando dosis mucho menores (41,42). Estas vacunas podrían representar una evolución importante en el futuro debido a su capacidad para reducir costos y aumentar la respuesta inmune.

Otro tema de debate es el acceso global y la equidad sanitaria. Aunque las vacunas de ARNm pueden producirse rápidamente, la distribución mundial durante la pandemia mostró desigualdades significativas entre países desarrollados y países de bajos ingresos (40). Esto plantea interrogantes sobre la necesidad de fortalecer la cooperación internacional, mejorar la transferencia tecnológica y garantizar un acceso más equitativo a futuras vacunas.

Durante la pandemia también se evidenció el impacto de la desinformación en redes sociales y plataformas digitales. La difusión de noticias falsas sobre las vacunas generó desconfianza en algunos sectores de la población y dificultó las campañas de vacunación en diversos países (40). Esto demostró la importancia de promover información científica confiable y fortalecer la educación sanitaria.

Finalmente, el éxito de las vacunas de ARNm ha abierto nuevas posibilidades en otras áreas médicas, especialmente en el tratamiento del cáncer y enfermedades raras. Actualmente, se investiga su uso en vacunas personalizadas contra tumores, inmunoterapia y terapias génicas (1,38). Aun así, estos avances requieren más estudios clínicos para confirmar su eficacia y seguridad a largo plazo.

Además, investigaciones recientes muestran que las plataformas de ARNm podrían aplicarse en vacunas contra otras enfermedades virales como la gripe, donde ya existen ensayos clínicos con resultados prometedores (41,42). Esto demuestra que las vacunas de ARNm podrían convertirse en una herramienta fundamental para futuras pandemias y enfermedades emergentes.

VI. CONCLUSIONES

La biotecnología de las vacunas ARNm representa un cambio de paradigma en la vacunología moderna. La combinación de diseño molecular optimizado, sistemas de entrega nanométricos y producción biológica libre de células ha creado una plataforma versátil, rápidamente adaptable y clínicamente eficaz.

La evidencia acumulada confirma que las vacunas ARNm ofrecen un perfil de eficacia-seguridad favorable, con protección superior al 90% contra enfermedad grave y efectos adversos predominantemente leves y transitorios. Los escasos efectos adversos graves identificados deben evaluarse siempre en el contexto del riesgo absoluto de la enfermedad prevenida.

Las perspectivas futuras de la plataforma son extraordinariamente prometedoras: vacunas personalizadas contra el cáncer basadas en neoantígenos individualizados, plataformas de respuesta pandémica en tiempo real, terapias para enfermedades genéticas raras y el uso de ARNm autorreplicativo (saRNA) que podría reducir las dosis necesarias en varios órdenes de magnitud.

VII. LIMITACIONES

7.1 Limitaciones Metodológicas

Primero, la velocidad de publicación en el campo del ARNm generó una cantidad sin precedentes de preprints no revisados por pares que han sido excluidos, lo que podría haber omitido hallazgos relevantes aún pendientes de validación formal (15).

Segundo, la heterogeneidad en los diseños de estudio, las definiciones de casos y los intervalos entre dosis dificulta la comparación directa entre las diferentes vacunas ARNm y el metaanálisis de eficacia (14).

Tercero, la mayoría de los datos provienen de poblaciones de países de ingresos altos. La extrapolación a países de ingresos bajos y medianos, con mayor prevalencia de comorbilidades, requiere estudios específicos aún en curso (11).

Cuarto, los datos de seguimiento a muy largo plazo —más allá de 24 meses— sobre la duración de la inmunidad y la necesidad de dosis de refuerzo adicionales son aún limitados y sujetos a revisión continua (18).

Quinto, este trabajo no aborda de manera exhaustiva los aspectos regulatorios, de propiedad intelectual ni los determinantes socioeconómicos de la adopción vacunal, dimensiones igualmente críticas para el impacto real de la tecnología ARNm en salud pública global.

7.2 Limitaciones de Inestabilidad molecular del ARN mensajero

A pesar de los importantes avances alcanzados en la biotecnología del ARN mensajero (ARNm), diversos estudios científicos identifican múltiples limitaciones técnicas relacionadas con la estabilidad de esta molécula genética (28).

Una de las principales dificultades es que el ARNm posee una estructura biológica altamente sensible y puede degradarse rápidamente por acción de enzimas naturales conocidas como ribonucleasas (29).

Debido a esta inestabilidad molecular, las vacunas y terapias basadas en ARNm requieren condiciones estrictas de conservación para mantener su eficacia biológica (28). Muchas formulaciones deben almacenarse a temperaturas extremadamente bajas, en algunos casos inferiores a -70°C , lo que genera importantes desafíos logísticos durante el transporte y distribución internacional.

Esta situación dificulta especialmente la implementación de campañas de vacunación en regiones rurales, zonas alejadas y países con infraestructura sanitaria limitada (30). Además, la necesidad de sistemas avanzados de refrigeración incrementa considerablemente los costos operativos y reduce la accesibilidad global a estas tecnologías biomédicas.

Las investigaciones actuales continúan desarrollando nuevas estrategias de encapsulación molecular y nanopartículas lipídicas con el objetivo de mejorar la estabilidad del ARNm y facilitar su conservación a temperaturas más accesibles (31).

Altos costos de producción e implementación:

Otra limitación importante identificada en los estudios revisados corresponde a los elevados costos de producción de las terapias y vacunas basadas en ARNm (30). La fabricación de estas tecnologías requiere infraestructura altamente especializada, equipos de biotecnología avanzada y personal científico capacitado en ingeniería genética y biología molecular.

Además, los procesos de síntesis de ARN, purificación molecular y encapsulación en nanopartículas lipídicas demandan tecnologías complejas que incrementan significativamente los costos industriales (32). Esta situación genera dificultades económicas para muchos países en desarrollo que no poseen capacidad suficiente para producir localmente este tipo de medicamentos.

Los estudios también señalan que la dependencia tecnológica de grandes compañías farmacéuticas internacionales puede generar desigualdades en el acceso a tratamientos innovadores (33). Durante la pandemia de COVID-19, numerosos países enfrentaron problemas relacionados con adquisición de vacunas, disponibilidad limitada y retrasos en la distribución internacional (34).

Asimismo, los elevados costos de investigación clínica, aprobación regulatoria y producción masiva representan desafíos importantes para la expansión global de esta tecnología médica.

Limitaciones tecnológicas e infraestructura sanitaria

Diversos estudios científicos destacan que la implementación adecuada de terapias basadas en ARNm requiere sistemas sanitarios modernos y una infraestructura tecnológica avanzada (28). La distribución segura de vacunas y medicamentos genéticos depende de cadenas de frío eficientes, laboratorios especializados y sistemas adecuados de transporte biomédico.

Sin embargo, muchos países presentan limitaciones relacionadas con infraestructura hospitalaria, acceso energético y capacidad tecnológica (30). Estas dificultades afectan principalmente a regiones con menor desarrollo económico y reducen la capacidad de respuesta frente a emergencias sanitarias globales.

Además, algunos investigadores señalan que todavía existen desafíos científicos relacionados con la eficiencia de entrega del ARNm dentro de las células humanas (31). Aunque las nanopartículas lipídicas han mejorado considerablemente el transporte molecular, continúan realizándose investigaciones para optimizar la precisión, seguridad y duración de las terapias genéticas.

Otro problema identificado es la necesidad de monitorear constantemente posibles efectos secundarios o respuestas inmunológicas no deseadas asociadas con nuevas formulaciones terapéuticas (32).

Desigualdad global en el acceso a la biotecnología

Los estudios revisados evidencian importantes desigualdades internacionales relacionadas con el acceso a vacunas y terapias basadas en ARNm (34). Durante la pandemia de COVID-19, los países desarrollados lograron adquirir grandes cantidades de vacunas en menor tiempo, mientras que muchas regiones de bajos ingresos enfrentaron retrasos significativos en el acceso a tratamientos (30).

Esta situación puso en evidencia las diferencias económicas, tecnológicas y sanitarias existentes entre distintos países del mundo (33). Diversos organismos internacionales señalaron que la falta de equidad en la distribución de vacunas afectó negativamente los esfuerzos globales para controlar la pandemia.

Asimismo, algunos estudios destacan que las patentes farmacéuticas y restricciones de producción limitaron la fabricación masiva de vacunas en ciertos países (34). Esto generó debates internacionales relacionados con transferencia tecnológica, cooperación científica y acceso universal a medicamentos esenciales.

Por ello, numerosos investigadores consideran necesario fortalecer mecanismos internacionales que permitan una distribución más equitativa de futuras tecnologías biomédicas basadas en ARNm.

Desinformación científica y aceptación social

Otra dificultad importante identificada en la literatura científica corresponde a la desinformación relacionada con las tecnologías genéticas y vacunas de ARNm (35). Durante la pandemia surgieron múltiples noticias falsas y teorías incorrectas sobre el funcionamiento, seguridad y efectos de estas vacunas, generando temor y desconfianza en parte de la población.

Diversos estudios señalan que muchas personas desconocían que el ARNm no modifica permanentemente el ADN humano y que su función es temporal dentro de las células (1). La falta de información científica clara favoreció la propagación de rumores y desinformación en redes sociales y medios digitales.

Además, algunos sectores de la población manifestaron preocupaciones éticas relacionadas con el uso de tecnologías genéticas en medicina (35). Estas percepciones influyeron directamente en la aceptación pública de las campañas de vacunación y en la confianza hacia las instituciones sanitarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sahin U, Karikó K, Türeci Ö. Terapéuticos basados en ARNm: el desarrollo de una nueva clase de fármacos. *Nat Rev Drug Discov.* 2014;13(10):759-780. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrd4278>
2. Pardi N, Hogan MJ, Porter FW, Weissman D. Vacunas ARNm: una nueva era en vacunología. *Nat Rev Drug Discov.* 2018;17(4):261-279. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrd.2017.243>
3. Jackson NAC, Kester KE, Casimiro D, Gurnathan S, DeRosa F. La promesa de las vacunas ARNm. *NPJ Vaccines.* 2020;5(1):11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41541-020-0159-8>
4. Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, et al. Seguridad y eficacia de la vacuna BNT162b2 de ARNm contra COVID-19. *N Engl J Med.* 2020;383(27):2603-2615. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034577>
5. Baden LR, El Sahly HM, Essink B, et al. Eficacia y seguridad de la vacuna mRNA-1273 contra SARS-CoV-2. *N Engl J Med.* 2021;384(5):403-416. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2035389>
6. Miao L, Zhang Y, Huang L. Vacuna ARNm para inmunoterapia del cáncer. *Mol Cancer.* 2021;20(1):41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12943-021-01335-5>
7. Wolff JA, Malone RW, Williams P, et al. Transferencia directa de genes al músculo de ratón in vivo. *Science.* 1990;247(4949):1465-1468. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1690918>
8. Kowalski PS, Bharti A, Bharat L. Avances en tecnologías para la administración terapéutica de ARNm. *Mol Ther.* 2019;27(4):710-728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2019.02.012>
9. Karikó K, Buckstein M, Ni H, Weissman D. Supresión del reconocimiento del ARN por receptores tipo Toll. *Immunity.* 2005;23(2):165-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2005.06.008>
10. Asamblea Nobel del Instituto Karolinska. Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2023. DOI: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2023/>

11. Dagan N, Barda N, Kepten E, et al. La vacuna COVID-19 BNT162b2 en un contexto de vacunación masiva nacional. *N Engl J Med.* 2021;384(15):1412-1423. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2101765>
12. Hajj KA, Whitehead KA. Herramientas para la traducción: materiales no virales para administración terapéutica de ARNm. *Nat Rev Mater.* 2017;2(10):17056. DOI: <https://doi.org/10.1038/natrevmats.2017.56>
13. Oster ME, Shay DK, Su JR, et al. Casos de miocarditis reportados tras vacunación con vacunas COVID-19 basadas en ARNm. *JAMA.* 2022;327(4):331-340. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2021.24110>
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. Declaración PRISMA 2020. *BMJ.* 2021;372:n71. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
15. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, et al. RoB 2: herramienta para evaluar riesgo de sesgo. *BMJ.* 2019;366:l4898. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>
16. Painter MM, Mathew D, Goel RR, et al. Respuesta inmunitaria coordinada tras vacunación ARNm. *Immunity.* 2021;54(9):2133-2142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2021.08.001>
17. Atmar RL, Lyke KE, Deming ME, et al. Vacunaciones de refuerzo homólogas y heterólogas contra COVID-19. *N Engl J Med.* 2022;386(11):1046-1057. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2116414>
18. Dan JM, Mateus J, Kato Y, et al. Memoria inmunológica al SARS-CoV-2. *Science.* 2021;371(6529):eabf4063. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abf4063>
19. Chalkias S, Harper C, Vrbicky K, et al. Vacuna de refuerzo bivalente contra COVID-19. *N Engl J Med.* 2022;387(14):1279-1291. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2208343>
20. Rojas LA, Sethna Z, Soares KC, et al. Vacunas de ARNm de neoantígenos personalizadas en cáncer de páncreas. *Nature.* 2023;618(7963):144-150. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06063-y>
21. FIGURA 3 EXTRAIDAS DE PMC Avances recientes en el desarrollo y las aplicaciones de las vacunas de ARNm. DOI: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10384963/>
22. Vacunas ARNm contra la gripe: tipos y eficacia. Lucía Arrollo Díaz. DOI: <https://vacunaps.org/2025/11/18/vacunas-de-arnm-contr-la-gripe-tipos-y-eficacia/>
23. MedlinePlus y Biblioteca Nacional de Medicina DOI: <https://medlineplus.gov/spanish/genetica/entender/terapia/vacunasarnm/>
24. Ugur Sahin, Katalin Karikó, Özlem Türeci. Terapias basadas en ARNm: desarrollo de una nueva clase de fármacos DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25233993/>
25. Vrinda Gote , Pradeep Kumar Bolla , Nagavendra Kommineni , Arun Butreddy , Pavan Kumar Nukala , Sushesh Srivatsa Palakurthi , Wahid Khan: Una revisión exhaustiva de las vacunas de ARNm DOI: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9917162/#abstract1>
26. World Health Organization - Agenda de Inmunización 2030: Una estrategia global para no dejar a nadie atrás. DOI: <https://www.who.int/teams/immunization-vaccines-and-biologicals/strategies/ia2030>
27. IMAGEN DE LA PORTADA EXTRAIDA DE : Oregon.cob, La tecnología de ARNm “Plug and Play” funciona rápido y actualiza las vacunas en meses. DOI: <https://oregonhealthnews.oregon.gov/la-tecnologia-de-arnm-plug-and-play-funciona-rapido-y-actualiza-las-vacunas-en-meses/>
28. Pfizer-BioNTech. “Storage and Handling Guidelines”.2022 DOI: <https://canadacommons.ca/artifacts/4852742/aip-alberta-vaccine-storage-covid-19-september-29-2022/5689690/>
29. Dolgin, E. “La intrincada historia de las vacunas de ARNm”. *Nature*, 2021 . DOI: https://econpapers.repec.org/article/natnature/v_3a597_3ay_3a2021_3ai...
30. Banco Mundial. “Acceso global a vacunas”. 2022. DOI: <https://www.scielo.org/article/scol/2022.v18/e4190/>
31. Hou, X. et al. “Nanopartículas lipídicas para la administración de ARNm”. *Nature Reviews Materials*, 2021. DOI: <https://www.nature.com/articles/s41578-025-00814-1>

32. Schoenmaker, L. et al. "Vacunas contra la COVID-19 basadas en nanopartículas lipídicas de ARNm". *Revista Internacional de Farmacia*, 2021. DOI: <https://www.imrpress.com/journal/FBE/15/1/10.31083/j.fbe1501007>
33. UNESCO. *Biotecnología y salud global*. 2023. DOI: https://www.researchgate.net/publication/12684082_Globalization_and_Biotechnology_UNESCO_and_an_International_Strategy_to_Advance_Human_Rights_and_Public_Health
34. UNICEF. *Desigualdad mundial en el acceso a las vacunas*. 2022. DOI: https://www.unicef.org/search?combined_sort=relevance_desc&created%5Bmax%5D=&created%5Bmin%5D=&display_search_facet_selected=1&field_shared_geographical=All&field_shared_global_category=&page=6&query=COVID-19+19+vaccination&search_api_language_1=All&search_date_range_picker=&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC&type=All&type_op=or&unicef_solr_site=current
35. OMS. Informe sobre la reticencia a la vacunación. 2023. DOI: <https://www.emro.who.int/emhj-volume-29-2023/volume-29-issue-5/vaccine-hesitancy-in-the-gulf-cooperation-council-countries.html>
36. Schlake T., Thess A., Fotin-Mleczek M., Kallen K. J. "Desarrollo de tecnologías de vacunas de ARNm". *RNA Biology*, 2012. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23064118/>
37. Reichmuth A. M. et al. Administración de vacunas de ARNm mediante nanopartículas lipídicas". *Administración terapéutica*. DOI: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5439223/>
38. Chaudhary N., Weissman D., Whitehead K. A. "Vacunas de ARNm para enfermedades infecciosas". DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34433919/>
39. Díaz Castrillón F. J., Toro Montoya A. I. "Del ARN mensajero a los vectores virales y las proteínas recombinantes: la evolución de las vacunas contra COVID 19". *Medicina & Laboratorio*, 2022. DOI: <https://www.redalyc.org/pdf/7164/716479674001.pdf>
40. Chand A. A. "COVID-19 y el despliegue de la vacunación en Fiji: Desafíos causados por la plataforma digital". *International Journal of Surgery*, 2021. DOI: https://www.researchgate.net/publication/352513203_COVID-19_and_vaccination_rollout_in_Fiji_Challenges_caused_by_digital_platform
41. Reina J. "La nueva generación de vacunas de ARN mensajero (ARNm) frente a la gripe". *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 2023. DOI: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-pdf-download-S0213005X21002299>
42. Feldman R. A. "Vacunas de ARNm contra los virus de la influenza H10N8 y H7N9". DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X19305626> 2019.
43. Verbeke R., Lentacker I., De Smedt S. C., Dewitte H. Tres décadas de desarrollo de vacunas de ARN mensajero. DOI: <https://www.semanticscholar.org/paper/Three-decades-of-messenger-RNA-vaccine-development-Verbeke-Lentacker/708a4fdc49c5e158058dfd9f2bb4267f0d3981f8>
44. FIGURA 3 Y 4 EXTRAIDAS DE PMC Avances recientes en el desarrollo y las aplicaciones de las vacunas de ARNm. DOI: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10384963/>

EVALUACIÓN DEL ACCESO A MEDICAMENTOS E INSUMOS EN BROTES EPIDÉMICOS

Jara Quijano, Yanira Anthuane
<https://orcid.org/0009-0007-0492-7937>
yjaraq@unidx.edu.pe

Martínez Carrascal, María Lidia
<https://orcid.org/0009-0006-3132-3824>
mmartinezc@unidx.edu.pe

Mendoza Mansilla, Denise Tania
<https://orcid.org/0009-0002-5839-7998>
dmendozam@unidx.edu.pe

Palomino Chuquispuma, Kelly Roxana
<https://orcid.org/0009-0001-7010-1099>
kpalominoc@unidx.edu.pe

Yallico Ñañez, Naun Ermis
<https://orcid.org/0009-0005-1159-8700>
nyallicon@unidx.edu.pe

Córdova Trillo, Shirlee Del Pilar
<https://orcid.org/0009-0008-3311-0050>
scordovat@unidx.edu.pe

RESUMEN

La actual fragilidad de las cadenas de suministro farmacéutico hace imperativa una evaluación integral ante emergencias de salud pública.

Objetivo: Identificar y analizar las brechas estructurales, logísticas y regulatorias que limitan el acceso oportuno a medicamentos e insumos durante brotes epidémicos, así como evaluar las estrategias de mitigación propuestas.

Métodos: Se desarrolló una investigación bibliográfica sustentada en la revisión de 20 artículos empíricos recuperados de bases indexadas.

Resultados: La dependencia extrema hacia manufacturas geográficamente concentradas de ingredientes farmacéuticos activos y la rigidez de los marcos logísticos constituyen las principales vulnerabilidades sistémicas.

Discusión: Destacan modelos de optimización matemática para distribución dinámica, tecnologías blockchain, y la descentralización productiva mediante la formulación clínica.

Conclusiones: Mitigar las brechas exige diversificar proveedores, automatizar el reequilibrio logístico e implementar normativas de contingencia.

Palabras clave: abastecimiento farmacéutico; brotes epidémicos; acceso a medicamentos; cadena de suministro; brechas en salud.

ABSTRACT

The current fragility of pharmaceutical supply chains makes a comprehensive evaluation imperative in the face of public health emergencies.

Objective: To identify and analyze the structural, logistical, and regulatory gaps that limit timely access to medicines and supplies during epidemic outbreaks, as well as to evaluate proposed mitigation strategies.

Methods: A bibliographic research was developed based on the review of 20 empirical articles retrieved from indexed databases.

Results: Extreme dependence on geographically concentrated manufacturing of active pharmaceutical ingredients and the rigidity of logistical frameworks constitute the main systemic vulnerabilities.

Discussion: Mathematical optimization models for dynamic distribution, blockchain technologies, and productive decentralization through clinical formulation stand out.

Conclusions: Mitigating the gaps requires diversifying suppliers, automating logistical rebalancing, and implementing contingency regulations.

Keywords: pharmaceutical supply; epidemic outbreaks; access to medicines; supply chain; health gaps.

I. INTRODUCCIÓN

La estabilidad de los sistemas de salud a nivel global depende intrínsecamente del flujo continuo y predecible de su cadena de suministro farmacéutico. En escenarios de normalidad operativa, la gestión de insumos médicos opera bajo principios de eficiencia económica extrema, priorizando la reducción de costos mediante inventarios ajustados. Sin embargo, durante los brotes epidémicos, estas arquitecturas revelan una vulnerabilidad estructural crítica ante los cambios drásticos en el comportamiento de la demanda. Un evento infeccioso de rápida propagación desencadena escasez de materias primas a nivel internacional, induce el cierre de fábricas clave, y provoca colapsos en las rutas comerciales, afectando severamente la disponibilidad de equipos de protección personal (EPP), soporte ventilatorio y agentes terapéuticos de primera línea. (1, 2)

El desequilibrio repentino entre una demanda en crecimiento exponencial y una oferta contraída induce un fenómeno de distorsión severa, documentado como efecto látigo y efecto dominó. Durante estos episodios, el acaparamiento y las compras preventivas irracionales por parte de gobiernos e instituciones sanitarias provocan que las señales de demanda se amplifiquen artificialmente a lo largo de la cadena de suministro. (3, 4) Esta dinámica merma la eficiencia global de asignación de recursos, requiriendo una evaluación rigurosa para evitar el colapso hospitalario.

Por todo lo expuesto, el objetivo general de esta investigación es identificar las brechas estructurales, logísticas, geográficas y regulatorias que limitan el acceso oportuno a medicamentos e insumos médicos durante brotes epidémicos, y analizar críticamente las estrategias de mitigación tecnológica y clínica implementadas a nivel global para fortalecer la resiliencia sistémica de la cadena de suministro en salud.

REVISIÓN DE LITERATURA

La presente revisión de la literatura se fundamenta en la necesidad de consolidar el conocimiento disperso sobre la gestión de insumos médicos durante crisis sanitarias. Analizar la evidencia científica contemporánea resulta indispensable para comprender cómo las arquitecturas logísticas, diseñadas para la eficiencia en tiempos de paz, colapsan bajo la presión de un brote epidémico. Los estudios aquí seleccionados aportan el sustento teórico y empírico necesario para identificar las raíces estructurales del desabastecimiento, permitiendo transitar de la mera descripción del problema hacia una evaluación crítica de las vulnerabilidades globales. De este modo, el siguiente marco teórico establece las bases conceptuales sobre la dinámica de las cadenas de suministro, los precedentes históricos y las barreras normativas que contextualizan nuestra investigación.

Dinámica de las cadenas de suministro médico en emergencias

La complejidad estructural de la cadena de suministro farmacéutico radica en su elevada dependencia de múltiples actores interconectados: extractores de precursores químicos, sintetizadores de ingredientes farmacéuticos activos (APIs), laboratorios de manufactura y corporaciones logísticas transnacionales. Los estudios demuestran que, frente a un choque externo como una pandemia, el modelo de inventario Just-in-Time falla catastróficamente al carecer de amortiguadores sistémicos. (6, 7) Al no contar con inventarios redundantes, cualquier disrupción en el transporte se traduce en desabastecimientos inmediatos en farmacias y hospitales.

Lecciones aprendidas de pandemias y desastres pasados

Las fallas observadas durante brotes recientes no carecen de precedentes históricos. Bechtold et al. exponen un análisis histórico sobre la cadena de suministro, destacando cómo la interrupción en el

suministro global de quinina durante la Segunda Guerra Mundial dejó a los sistemas de salud sin herramientas críticas para combatir la malaria. (4) De manera análoga, el impacto del huracán María en Puerto Rico interrumpió la manufactura de fluidos intravenosos consumidos en toda Norteamérica. A pesar de estas claras advertencias sobre los peligros de la fuente única, los modelos de abastecimiento mantuvieron su escasa diversificación hasta el advenimiento de la crisis del SARS-CoV-2. (7)

Políticas gubernamentales y vulnerabilidad de ingredientes farmacéuticos

La fragilidad global es especialmente pronunciada debido a la sobreconcentración de la manufactura. Previo a la década de 2020, una porción abrumadora de los APIs esenciales se producía en instalaciones asiáticas. (4) Akande-Sholabi y Adebisi evidencian que África, tomando como caso de estudio a Nigeria, experimenta una vulnerabilidad extrema, al importar más del 70% de sus medicamentos esenciales y materias primas, lo que compromete su seguridad nacional ante bloqueos fronterizos. (5) En Europa, el desabastecimiento también fue catalizado por la baja estabilidad financiera de proveedores externos que fueron incapaces de escalar su producción. (6)

A las brechas físicas de suministro se suma la rigidez legislativa. Enríquez-Fernández y del Castillo-Rodríguez documentan que, ante la reciente pandemia, las instituciones de la Unión Europea carecían de un marco legislativo contingente para gestionar cadenas en colapso. Los estados improvisaron decisiones basándose en el "principio de precaución", centralizando la distribución de fármacos a través de legislaciones emitidas de manera reactiva y descoordinada. (8, 9) Esta falta de políticas preexistentes de reservas estratégicas dinámicas constituye un vacío crítico en la preparación gubernamental que la presente revisión busca sistematizar.

II. METODOLOGÍA

El análisis incluyó 20 publicaciones científicas indexadas publicadas predominantemente entre 2020 y 2026. Esta ventana temporal asegura la recolección de lecciones recientes sobre interrupciones logísticas contemporáneas. El análisis de los textos se estructuró en dos fases:

- Identificación de vulnerabilidades: Extracción de datos cualitativos sobre cuellos de botella en distribución, dependencia de materias primas y escasez de inventarios en contextos pandémicos.
- Categorización de mitigación: Síntesis crítica de los modelos de intervención propuestos para restaurar la operatividad de la cadena de suministro.

III. RESULTADOS

Brecha 1: Dependencia de materias primas y manufactura externa (APIs)

Los resultados empíricos señalan unánimemente que la dependencia absoluta de precursores químicos importados es el principal generador de escasez. Estudios en países africanos y europeos evidenciaron que, una vez cerradas las fronteras y restringidas las exportaciones por los países productores, la interrupción del suministro de APIs provocó paros de producción nacional en cuestión de semanas. (5, 6)

Brecha 2: Deficiencias en la logística de distribución local y capacidad productiva

En términos de capacidad industrial, Cumbler et al. evidenciaron que la falta de planes de contingencia productiva preaprobados obligó a los hospitales a improvisar protocolos de manufactura de equipos de protección en ambientes no controlados, incrementando el riesgo biológico. (2) Paralelamente, la logística internacional sufrió bloqueos insuperables debido a la reducción masiva de vuelos comerciales, provocando que los suministros se estancaran en los puertos aduaneros. (6) Esta interrupción en la última milla genera lo que Shi et al. definen matemáticamente como costos de privación, medidos no en moneda, sino en la morbilidad y mortalidad del paciente por la ausencia del fármaco. (11)

Brecha 3: Falta de coordinación y modelos de asignación ineficientes

La tercera gran brecha documentada es la gestión estática de las reservas físicas. Zhang et al. demostraron empíricamente que mantener almacenes centralizados masivos es inviable económicamente por la alta tasa de vencimiento de los insumos. (1) Además, durante los brotes, la distribución tradicional

asigna suministros de manera simétrica y desconectada del ritmo real de contagios de cada región, provocando escasez crítica en zonas rojas y acumulación inútil en zonas verdes. (14, 15)

IV. DISCUSIÓN

Al analizar la información de los artículos seleccionados, hemos encontrado que los diferentes autores coinciden en cuál es el origen del problema, pero proponen soluciones muy distintas y, en algunos casos, contradictorias entre sí.

Por un lado, existe un acuerdo claro entre varios investigadores respecto a que el principal culpable de la escasez de medicinas durante una pandemia no es solo el virus, sino la forma en que funcionan las cadenas de suministro actuales. Autores como Fan, Luo y Liu coinciden en que el modelo logístico tradicional, que busca ahorrar dinero manteniendo pocos productos almacenados en los hospitales, fracasa por completo cuando hay una emergencia (12, 14, 15). Para solucionar esto, todos ellos están de acuerdo en que se deben usar modelos matemáticos que repartan los insumos médicos según cómo avanzan los contagios día a día.

Sin embargo, encontramos una gran discrepancia sobre cómo exactamente se debe hacer esa repartición. Mientras que la mayoría de los estudios asumen que todos los hospitales deben recibir ayuda por igual, algunos autores como Gao y sus colaboradores piensan diferente: ellos argumentan que, si los recursos son escasos, solo deberían enviarse a los hospitales donde salven más vidas de forma inmediata, aunque eso signifique dejar a otras zonas sin insumos (16). Desde nuestra perspectiva como estudiantes, consideramos que esta última idea es muy realista, pero genera un gran dilema ético sobre quién decide qué zona merece recibir los medicamentos primero.

Otra discrepancia interesante surge al comparar las soluciones tecnológicas con las soluciones del personal de salud. Por una parte, hay autores que proponen ideas muy modernas para evitar el robo o el retraso de medicamentos, como usar tecnología blockchain para vigilar los inventarios o usar drones para hacer entregas sin contacto humano (17-19). Aunque estas ideas suenan innovadoras, nosotros notamos que los autores de estos estudios no toman en cuenta que en países de Latinoamérica o África no existe el dinero ni el internet necesario para que esto funcione en todos los hospitales.

En contraste directo con esa visión tan tecnológica, estudios como los de Mubita, Costa y Hussain demuestran que la mejor solución es mucho más sencilla: darle más poder al personal de farmacia. Ellos coinciden en que, en lugar de comprar robots o drones, se debe entrenar a los farmacéuticos para que puedan preparar fórmulas o medicamentos básicos dentro del mismo hospital cuando fallan las importaciones internacionales (3, 10, 20). Después de contrastar ambos enfoques, nosotros concluimos que esta última opción es la más lógica y útil para países como el nuestro, ya que aprovecha al profesional de salud local de forma rápida y económica.

V. CONCLUSIONES

- La crisis de desabastecimiento en brotes epidémicos es una vulnerabilidad sistémica causada por la sobredependencia geográfica en la manufactura de ingredientes farmacéuticos y la fragilidad del modelo Just-in-Time.
- El costo del retraso logístico impacta directamente en la morbilidad y mortalidad del paciente, haciendo insostenibles las distribuciones estáticas de recursos en periodos de alta demanda.
- Para asegurar la resiliencia sanitaria, es imperativo diversificar los proveedores globales e implementar plataformas tecnológicas de trazabilidad que auditen de forma segura los recursos médicos.
- Actualizar el marco regulatorio es crucial para empoderar al farmacéutico clínico en la producción rápida de fórmulas magistrales y en la habilitación de servicios de contingencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Zhang Y, Li Z, Zhao Y. Multi-mitigation strategies in medical supplies for epidemic outbreaks. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2023;87:101516.
- 2 Cumbler E, Wittig M, Jacobson N, McClain H, Treat A, Radin J, et al. Contingency planning for health care worker masks in case of medical supply chain failure: Lessons learned in novel mask manufacturing from COVID-19 pandemic. *American Journal of Infection Control*. 2021;49:1215-1220.
- 3 Hussain R, Dawoud DM, Babar ZUD. Drive-thru pharmacy services: A way forward to combat COVID-19 pandemic. *Research in Social and Administrative Pharmacy*. 2021;17:1920-1924.
- 4 Bechtold HD, Cruz AT, Kaziny BD. From World War II to COVID-19: A historical perspective on the American medical supply chain. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2022;16:1719-1720.
- 5 Akande-Sholabi W, Adebisi YA. The impact of COVID-19 pandemic on medicine security in Africa: Nigeria as a case study. *Pan African Medical Journal*. 2020;35(2):73.
- 6 Spieske A, Gebhardt M, Kopyto M, Birkel H. Improving resilience of the healthcare supply chain in a pandemic: Evidence from Europe during the COVID-19 crisis. *Journal of Purchasing & Supply Management*. 2022;28:100748.
- 7 Bechtold HD, Cruz AT, Kaziny BD. From World War II to COVID-19: A historical perspective on the American medical supply chain. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2022;16:1719-1720.
- 8 Enríquez-Fernández S, del Castillo-Rodríguez C. Healthcare risk management during the SARS-CoV-2 virus pandemic in the European Union: The guaranteed access to medicines. *International Journal of Risk & Safety in Medicine*. 2021;32:77-86.
- 9 Costa S, Romão M, Mendes M, Horta MR, Rodrigues AT, Carneiro AV, et al. Pharmacy interventions on COVID-19 in Europe: Mapping current practices and a scoping review. *Research in Social and Administrative Pharmacy*. 2022;18:3338-3349.
- 10 Shi W, He J, Wang M, Yang F. A dynamics model of the emergency medical supply chain in epidemic considering deprivation cost. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2024;94:101924.
- 11 Liu J, Bai J, Wu D. Medical supplies scheduling in major public health emergencies. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2021;154:102464.
- 12 Qiu WJ, Chen WN, Shi XL, Zhang J. A hybrid cooperative coevolution approach for robust medical supply chain logistics scheduling during an emerging epidemic. *Expert Systems With Applications*. 2026;299:130039.
- 13 Fan H, Duan S, Weng X, Zhang J, Yun L. Optimization of Medical Supplies Allocation Based on the Dynamic Evolution of Public Health Emergencies. *Applied Mathematical Modelling*. 2026;151:116421.
- 14 Luo L, Wan X, Wang Q. A multi-period location-allocation model for integrated management of emergency medical supplies and infected patients during epidemics. *Computers & Industrial Engineering*. 2022;173:108640.
- 15 Gao X, Cao C, Chen Z, Huang G, Jiang H, Zhou L. Marginal-utility-oriented optimization model for collaborative medical supply rebalancing and allocating in response to epidemics. *RAIRO-Operations Research*. 2023;57:1995-2024.
- 16 Yılmaz ÖF, Yeni FB, Gürsoy Yılmaz B, Özçelik G. An optimization-based methodology equipped with lean tools to strengthen medical supply chain resilience during a pandemic: A case study from Turkey. *Transportation Research Part E*. 2023;173:103089.
- 17 Multi-MedChain Multi-Party Multi-Blockchain Medical Supply Chain Management System. (Autores y año no especificados).
- 18 Banik D, Hossain NUI, Govindan K. A decision support model for selecting unmanned aerial vehicle for medical supplies: context of COVID-19 pandemic. *The International Journal of Logistics Management*. 2023;34(2):473-496.
- 19 Mubita M. Compounding COVID-19 medicines: Up-skilling in Namibia. *Pharmacy Education*. 2020;20(2):117-123.

IMPACTO DE LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA EN LA ACEPTACIÓN DE LAS VACUNAS

Sánchez Ramirez, Flavio Paolo
<https://orcid.org/0009-0000-9047-8814>
fsanchezr@unidx.edu.pe

Ramirez Murayari, Karin Paola
<https://orcid.org/0009-0004-7350-0900>
kramirezr@unidx.edu.pe

Ugaz Rafael, Yaqueli
<https://orcid.org/0009-0001-0951-1523>
yugazr@unidx.edu.pe

Mogollon Dimas, Alejandrina
<https://orcid.org/0009-0005-1068-6581>
amogollond@unidx.edu.pe

Suarez Huayra, Yudith Deyly
ysuarezh@unidx.edu.pe

RESUMEN

La comunicación científica desempeña un papel esencial en la aceptación de vacunas y en la reducción de la hesitación vacunal. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar el impacto de la comunicación científica en la percepción social de las vacunas y en la influencia de la desinformación sobre la salud pública, mediante una investigación documental con enfoque descriptivo y analítico basada en la revisión de literatura científica.

Los estudios revisados evidencian que los medios de comunicación y las estrategias informativas influyen significativamente en la percepción pública acerca de la seguridad y eficacia de las vacunas. La cobertura mediática puede favorecer o dificultar la aceptación de vacunas dependiendo de la calidad de la información difundida. Asimismo, se destaca la importancia de desarrollar una comunicación en salud crítica y sustentada en evidencia científica para disminuir el impacto de la desinformación en la sociedad.

Además, las intervenciones comunicativas dirigidas a contrarrestar la desinformación incrementan la confianza de la población hacia la vacunación. Del mismo modo, los factores psicológicos y sociales influyen directamente en la decisión de vacunarse, por lo que las estrategias de comunicación deben adaptarse a las características de cada comunidad.

En relación con la pandemia por COVID-19, las intervenciones basadas en comunicación científica mejoraron la disposición de la población para recibir vacunas. Asimismo, se advirtió que la “infodemia” y la propagación de información falsa representan un riesgo importante para la salud pública. Además, las redes sociales facilitan la difusión de desinformación relacionada con vacunas, incrementando la hesitación vacunal.

Finalmente, se sostiene que prevenir la desinformación mediante estrategias educativas y de comunicación resulta más efectivo que corregirla posteriormente. En conclusión, la comunicación científica basada en evidencia constituye una herramienta fundamental para fortalecer la confianza en las vacunas, combatir la desinformación y promover la protección de la salud pública.

Palabras clave: comunicación científica, vacunas, desinformación, salud pública, aceptación social.

ABSTRACT

Scientific communication plays an essential role in vaccine acceptance and in reducing vaccine hesitancy. The present study aimed to analyze the impact of scientific communication on the social perception of vaccines and the influence of misinformation on public health through documentary research with a descriptive and analytical approach based on the review of scientific literature.

The reviewed studies show that the media and informational strategies significantly influence public perception regarding the safety and effectiveness of vaccines. Media coverage can either promote or hinder vaccine acceptance depending on the quality of the information disseminated. Likewise, the importance of developing critical health communication based on scientific evidence is highlighted in order to reduce the impact of misinformation on society.

In addition, communication interventions aimed at counteracting misinformation increase public confidence in vaccination. Similarly, psychological and social factors directly influence the decision to get vaccinated; therefore, communication strategies must be adapted to the characteristics of each community.

Regarding the COVID-19 pandemic, interventions based on scientific communication improved the population's willingness to receive vaccines. Likewise, it was warned that the "infodemic" and the spread of false information represent a significant risk to public health. Furthermore, social media facilitates the dissemination of vaccine-related misinformation, increasing vaccine hesitancy.

Finally, it is argued that preventing misinformation through educational and communication strategies is more effective than correcting it afterward. In conclusion, evidence-based scientific communication constitutes a fundamental tool to strengthen confidence in vaccines, combat misinformation, and promote the protection of public health.

Keywords: scientific communication, vaccines, misinformation, public health, social acceptance.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el interés de la población por participar en los procesos de vacunación se ha convertido en uno de los principales desafíos para los sistemas de salud pública a nivel mundial. La información que las personas reciben diariamente a través de medios tradicionales y plataformas digitales influye directamente en sus percepciones, creencias y decisiones respecto a las vacunas. En este contexto, la comunicación científica cumple un papel fundamental, ya que permite transmitir información clara, precisa y sustentada en evidencia acerca de los beneficios, riesgos y eficacia de las vacunas. Diversos estudios señalan que la forma en que la información científica es comunicada puede fortalecer la confianza de la población o, por el contrario, generar dudas y rechazo frente a las campañas de inmunización (1,2).

El crecimiento acelerado de las plataformas digitales y las redes sociales ha facilitado la rápida difusión de información relacionada con la salud; sin embargo, también ha incrementado la propagación de noticias falsas y contenidos sin sustento científico. Esta situación ha contribuido al aumento de la desinformación y la desconfianza hacia las vacunas, afectando negativamente la participación de la población en campañas de prevención y control de enfermedades (8,9). La World Health Organization identificó este fenómeno como una "infodemia", caracterizada por el exceso de información, verdadera o falsa, que dificulta que las personas encuentren fuentes confiables para tomar decisiones adecuadas sobre su salud (6).

Diversas investigaciones han demostrado que las intervenciones comunicativas basadas en evidencia científica pueden incrementar la aceptación y disposición de la población hacia la vacunación. Whitehead et al. sostienen que las estrategias de comunicación orientadas a contrarrestar la desinformación son efectivas para reducir el impacto de los mensajes antivacunas (3). Del mismo modo, Brewer et al. señalan que el uso de herramientas provenientes de la psicología y la comunicación favorece cambios positivos en las conductas relacionadas con la vacunación (4). Asimismo, Iannizzi et al., mediante una revisión sistemática y metaanálisis, evidenciaron que las intervenciones comunicativas incrementan significativamente la voluntad y aceptación de las vacunas contra la COVID-19 (5).

Frente a esta problemática, la presente investigación plantea como problema principal determinar cómo influye la comunicación científica en la aceptación de las vacunas por parte de la población. El objetivo general consiste en analizar la influencia de la comunicación científica en la percepción y aceptación de los procesos de vacunación. La justificación de este estudio radica en la necesidad de comprender el impacto que tiene la información científica en las decisiones de salud pública, especialmente en un contexto donde la desinformación representa una amenaza para el éxito de las campañas de inmunización. Además, esta investigación busca aportar información útil para fortalecer las estrategias comunicativas empleadas por instituciones de salud, profesionales sanitarios y medios de comunicación.

La metodología utilizada corresponde a una investigación de enfoque cualitativo y de tipo descriptivo-documental, basada en la revisión y análisis de artículos científicos, revisiones sistemáticas y documentos

institucionales relacionados con la comunicación científica, la desinformación y la aceptación de vacunas. Para ello, se emplearon fuentes académicas actualizadas y sustentadas en evidencia científica, permitiendo identificar los principales factores que influyen en la confianza de la población hacia los programas de vacunación.

El presente trabajo aporta una síntesis de conocimientos actuales sobre la relación entre comunicación científica y aceptación de vacunas, destacando la importancia de difundir información clara, accesible y verídica para promover decisiones informadas en la población. Asimismo, evidencia el papel de los medios de comunicación y las plataformas digitales en la construcción de percepciones sociales respecto a las vacunas y resalta la necesidad de implementar estrategias comunicativas efectivas para combatir la desinformación.

Finalmente, el informe se encuentra estructurado en diferentes apartados que incluyen el planteamiento del problema, marco teórico, metodología, análisis de resultados y conclusiones. Entre las principales limitaciones de la investigación se encuentra la disponibilidad de estudios recientes centrados específicamente en determinados contextos sociales y culturales, así como la constante evolución de la información digital y las estrategias de desinformación relacionadas con las vacunas.

Objetivos

- Analizar la influencia de la comunicación científica en la percepción y aceptación de los procesos de vacunación.
- Examinar cómo la comunicación científica influye en las percepciones, creencias y decisiones de la población respecto a las vacunas.
- Identificar el impacto de la desinformación y las noticias falsas en la aceptación de las vacunas.
- Analizar el papel de las plataformas digitales y las redes sociales en la difusión de información científica y desinformación sobre las vacunas, y su influencia en la percepción y aceptación de los procesos de vacunación.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se desarrolló mediante una investigación de tipo documental con enfoque descriptivo y analítico, orientada a examinar el impacto de la comunicación científica en la aceptación de vacunas. La investigación se sustentó en la revisión y análisis de artículos científicos, revisiones sistemáticas y documentos institucionales relacionados con estrategias de comunicación, percepción social de las vacunas y efectos de la desinformación en la salud pública.

Diversos estudios han señalado que la comunicación científica cumple un papel fundamental en la construcción de confianza hacia los programas de vacunación. Catalan-Matamoros y Peñafiel-Saiz demostraron que los medios de comunicación tradicionales influyen significativamente en la percepción pública de las vacunas, pudiendo favorecer o dificultar su aceptación según la calidad y claridad de la información difundida (1). Del mismo modo, Albarracín destacó que la comunicación en salud debe ser crítica, accesible y basada en evidencia científica para contrarrestar el impacto de la información errónea en la sociedad (2).

Asimismo, la revisión sistemática realizada por Whitehead et al. evidenció que las intervenciones comunicativas dirigidas a combatir la desinformación pueden mejorar la confianza y disposición de la población hacia la vacunación (3). Brewer et al. señalaron que las estrategias fundamentadas en la psicología social y conductual contribuyen al incremento de las tasas de vacunación mediante el fortalecimiento de la percepción de riesgo y beneficio (4).

En relación con la pandemia por COVID-19, Iannizzi et al. identificaron que las intervenciones basadas en comunicación efectiva tuvieron un impacto positivo en la voluntad y aceptación de las vacunas en diferentes contextos poblacionales (5). De igual manera, la World Health Organization advirtió que la “infodemia” y la difusión de información falsa representan una amenaza para la salud pública, por lo que recomendó fortalecer la comunicación científica y las estrategias educativas dirigidas a la población (6).

Por otro lado, Dubé et al. explicaron que la hesitación vacunal se encuentra asociada a factores culturales, sociales y políticos, además de la influencia de movimientos antivacunas que afectan la confianza pública en la inmunización (7). En concordancia, Wilson y Wiysonge señalaron que las redes sociales constituyen uno de los principales medios de propagación de desinformación relacionada con vacunas, influyendo negativamente en la toma de decisiones de la población (8). Roozenbeek et al. también evidenciaron que existe una alta susceptibilidad global frente a la desinformación sobre COVID-19, lo que repercute en las conductas preventivas y en la aceptación de las vacunas (9).

Finalmente, Larson y Broniatowski sostuvieron que prevenir la difusión de información falsa resulta más efectivo que debatirla posteriormente, resaltando la necesidad de implementar estrategias preventivas de comunicación científica desde las instituciones de salud y medios de información (10). En ese sentido, el presente estudio utilizó un análisis documental de las evidencias científicas disponibles para comprender la relación entre comunicación científica y aceptación de vacunas desde una perspectiva de salud pública.

II. DISCUSIÓN

Los hallazgos revisados en la presente investigación evidencian que la comunicación científica constituye un elemento determinante en la aceptación de vacunas y en la reducción de la hesitación vacunal. La evidencia analizada demuestra que la calidad, claridad y credibilidad de la información difundida influyen directamente en la percepción social sobre la seguridad y eficacia de las vacunas. En este contexto, Catalan-Matamoros y Peñafiel-Saiz señalaron que los medios de comunicación tradicionales tienen la capacidad de moldear la opinión pública, pudiendo generar confianza o desconfianza según el enfoque utilizado en la difusión de información relacionada con vacunación (1).

Asimismo, Albarracín sostuvo que la comunicación en salud debe desarrollarse desde una perspectiva crítica y ética, priorizando información basada en evidencia científica para disminuir la incertidumbre y combatir la desinformación que afecta a la población (2). Estos planteamientos coinciden con lo descrito por la Organización Mundial de la Salud, la cual reconoció que durante la pandemia de COVID-19 se produjo una “infodemia” caracterizada por la rápida propagación de información falsa y contradictoria, dificultando la adopción de conductas preventivas adecuadas (6).

Por otro lado, Whitehead et al. demostraron que las intervenciones comunicativas orientadas a contrarrestar la desinformación tienen efectos positivos en la intención de vacunarse y en la confianza hacia los sistemas de salud (3). De manera similar, Iannizzi et al. concluyeron que las estrategias de comunicación basadas en evidencia científica incrementaron significativamente la disposición de la población para recibir vacunas contra COVID-19, especialmente cuando los mensajes fueron claros, transparentes y adaptados al contexto sociocultural de cada comunidad (5).

Los resultados también evidencian que los factores psicológicos y sociales desempeñan un papel relevante en la aceptación de vacunas. Brewer et al. señalaron que la percepción de riesgo, la confianza en las autoridades sanitarias y las creencias individuales influyen directamente en la decisión de vacunarse (4). En concordancia, Dubé et al. explicaron que la hesitación vacunal está asociada a factores culturales, religiosos, políticos y emocionales, además de la influencia de movimientos antivacunas que promueven desinformación y desconfianza hacia los programas de inmunización (7).

Otro aspecto importante identificado en la literatura corresponde al impacto de las redes sociales en la difusión de información errónea. Wilson y Wiysonge afirmaron que las plataformas digitales facilitan la rápida circulación de contenidos falsos sobre vacunas, amplificando rumores y teorías conspirativas que afectan negativamente la percepción pública (8). Del mismo modo, Roozenbeek et al. encontraron que gran parte de la población mundial presenta susceptibilidad frente a la desinformación relacionada con COVID-19, lo que favorece conductas de rechazo o duda frente a la vacunación (9).

Finalmente, Larson y Broniatowski argumentaron que las estrategias preventivas de comunicación son más efectivas que las acciones correctivas posteriores, debido a que la desinformación puede permanecer en la memoria colectiva incluso después de ser desmentida (10). Por ello, resulta fundamental fortalecer políticas de comunicación científica que promuevan información confiable, accesible y comprensible para la población, con el fin de mejorar la aceptación de vacunas y contribuir a la protección de la salud pública.

III. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió concluir que la comunicación científica desempeña un papel fundamental en la aceptación de vacunas y en la reducción de la hesitación vacunal. La evidencia revisada demuestra que la difusión de información clara, accesible y sustentada en evidencia científica contribuye significativamente a fortalecer la confianza de la población en los programas de inmunización.

Asimismo, diversos autores coinciden en que la desinformación constituye uno de los principales factores que afectan la aceptación de vacunas.

En conclusión, la comunicación científica basada en evidencia constituye una herramienta esencial para promover la aceptación de vacunas, combatir la desinformación y fortalecer la confianza de la población en las políticas de salud pública. Por ello, es necesario que las instituciones sanitarias, los profesionales de salud y los medios de comunicación desarrollen estrategias informativas transparentes y oportunas que favorezcan una adecuada educación sanitaria y contribuyan al bienestar colectivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Catalan-Matamoros, D., & Peñafiel-Saiz, C. (2019). *How is communication of vaccines in traditional media: A systematic review*. Health Education Journal, 78(1), 113–129. <https://doi.org/10.1177/1757913918780142>
2. Albarracín, P. M. (2023). *Comunicación en vacunas: una mirada crítica sobre su impacto en la sociedad*. Cuidados de Enfermería y Educación en Salud, 8(1). <https://doi.org/10.15443/ceyes.v8i1.2101>
3. Whitehead, H. S., French, C. E., Caldwell, D. M., & Mounier-Jack, S. (2023). *A systematic review of communication interventions for countering vaccine misinformation*. Vaccine, 41(5), 1018–1034. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.12.059>
4. Brewer, N. T., Chapman, G. B., Rothman, A. J., Leask, J., & Kempe, A. (2018). *Increasing vaccination: Putting psychological science into action*. Psychological Science in the Public Interest, 18(3), 149–207. <https://doi.org/10.1177/1529100618760521>
5. Iannizzi, C., Andreas, M., Bohndorf, E., Hirsch, C., Zorger, A.-M., Brinkmann-Paulukat, J., Bormann, B., Kaufman, J., Lischetzki, T., Monsef, I., Neufeind, J., Schmid-Küpke, N., Thole, S., Worbes, K., & Skoetz, N. (2025). *Communication-based interventions to increase COVID-19 vaccine willingness and uptake: A systematic review with meta-analysis*. BMJ Open, 15(5). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-072942>
6. World Health Organization. Managing the COVID-19 infodemic: promoting healthy behaviours and mitigating the harm from misinformation and disinformation [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [citado 2026 May 26]. Disponible en: <https://www.who.int>
7. Dubé E, Vivion M, MacDonald NE. Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the anti-vaccine movement: influence, impact and implications. Expert Rev Vaccines. 2015;14(1):99-117.
8. Wilson SL, Wiysonge C. Social media and vaccine hesitancy. BMJ Glob Health. 2020;5(10):e004206.
9. Roozenbeek J, Schneider CR, Dryhurst S, Kerr J, Freeman ALJ, Recchia G, et al. Susceptibility to misinformation about COVID-19 around the world. R Soc Open Sci. 2020;7(10):201199.
10. Larson HJ, Broniatowski DA. Why debate vaccine misinformation when we can prevent it? Nat Hum Behav. 2021;5(1):8-10..
11. Pan American Health Organization (PAHO/OPS). (2021). *Understanding the infodemic and misinformation*. <https://www.paho.org/en/topics/infodemic>
12. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). *Vaccines and immunization: Communication strategies*. <https://www.cdc.gov/vaccines/hcp/index.html>

DESARROLLO PROSPECTIVO DE VACUNAS ARNm PARA ENFERMEDADES EMERGENTES EN AMÉRICA LATINA

Valer Alvarez, Veronica

<https://orcid.org/0009-0009-2605-7279>

vvalera@unidx.edu.pe

Melgarejo Arquino, Haydee Elizabeth

<https://orcid.org/0009-0003-3669-9474>

hmelgarejoa@unidx.edu.pe

Núñez Benavides, Rebeca Maribel

<https://orcid.org/0009-0005-7843-0611>

rnunezb@unidx.edu.pe

Huamanyauri Quispe, Roxana Zulma

<https://orcid.org/0009-0006-9366-0914>

rhuamanyauriq@unidx.edu.pe

Huancab, Diana Mireya

<https://orcid.org/0009-0002-3702-1238>

dhuancab@unidx.edu.pe

Fenco Rojas, Esmeralda del Rosario

<https://orcid.org/0009-0004-6205-9048>

efencor@unidx.edu.pe

RESUMEN

Las vacunas basadas en ARN mensajero representan una de las innovaciones biomédicas más importantes de las últimas décadas. Su consolidación durante la pandemia de COVID-19 demostró su capacidad para responder rápidamente ante amenazas sanitarias emergentes. En América Latina, enfermedades como dengue, Zika, Chikunguña, hantavirus y virus Junín continúan generando importantes desafíos para la salud pública. En este contexto, las plataformas ARNm ofrecen nuevas oportunidades para el desarrollo de vacunas más adaptables y eficientes.

El presente trabajo analizó los fundamentos tecnológicos de esta plataforma, las principales enfermedades emergentes susceptibles de abordarse mediante vacunas ARNm, las iniciativas regionales orientadas al fortalecimiento de capacidades productivas y los desafíos que limitan su implementación equitativa. Se concluye que, aunque la tecnología ARNm presenta ventajas significativas en términos de rapidez, flexibilidad y eficacia inmunológica, su desarrollo en América Latina requiere inversiones sostenidas en infraestructura científica, cooperación regional y fortalecimiento regulatorio.

Palabras clave: vacunas ARNm, enfermedades emergentes, América Latina, nanopartículas lipídicas, salud pública, soberanía sanitaria.

ABSTRACT

Messenger RNA (mRNA) vaccines represent one of the most important biomedical innovations of recent decades. Their consolidation during the COVID-19 pandemic demonstrated their capacity to respond rapidly to emerging health threats. In Latin America, diseases such as dengue, Zika, chikungunya, hantavirus, and Junín virus continue to pose significant public health challenges. In this context, mRNA platforms offer new opportunities for the development of more adaptable and efficient vaccines.

This paper analyzed the technological foundations of this platform, the main emerging diseases that can be addressed with mRNA vaccines, regional initiatives aimed at strengthening production capacities, and the challenges that limit their equitable implementation. It concludes that, although mRNA technology offers significant advantages in terms of speed, flexibility, and immunogenic efficacy, its development in Latin America requires sustained investment in scientific infrastructure, regional cooperation, and regulatory strengthening.

Keywords: mRNA vaccines, emerging diseases, Latin America, lipid nanoparticles, public health, health sovereignty.

I. INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 marcó un punto de inflexión en la historia de la vacunología al demostrar, a escala global, la viabilidad y eficacia de las vacunas basadas en ARNm mensajero (ARNm) [1, 2]. Esta plataforma tecnológica, que llevaba décadas en investigación, logró producir vacunas autorizadas para uso de emergencia en menos de un año, con tasas de eficacia superiores al 90% en ensayos clínicos de fase III [3]. Sin embargo, el desafío sanitario global no se limita; en América Latina alberga un ecosistema epidemiológico complejo con enfermedades emergentes y reemergentes como el dengue, el Zika, la Chikunguña, el hantavirus y el virus Junín, que continúan afectando a millones de personas cada año [1, 14].

El problema central que aborda este artículo es la brecha existente entre el avance tecnológico de las vacunas ARNm y su aplicación efectiva para enfermedades prioritarias en América Latina. A pesar de que la región importa el 80% de las vacunas que consume [4], existen iniciativas emergentes para revertir esta dependencia mediante el desarrollo de capacidades locales de manufactura y transferencia tecnológica [14, 8]. En respuesta a este escenario, organismos internacionales como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de Patentes de Medicamentos han impulsado plataformas regionales orientadas a la producción soberana de vacunas ARNm [1].

Sin embargo, persisten obstáculos significativos, como las exigencias de la cadena de frío, los elevados costos de producción, la falta de armonización regulatoria entre países, y la escasa inversión en investigación y desarrollo (I+D) local dificultan la implementación de estas tecnologías en contextos de recursos limitados [5, 7]. Este artículo propone analizar el desarrollo prospectivo de vacunas ARNm para enfermedades emergentes en América Latina, considerando tanto las oportunidades científicas como las limitaciones estructurales de la región.

OBJETIVO

Objetivo general

Analizar el estado actual y las perspectivas futuras del desarrollo de vacunas ARNm dirigidas a enfermedades infecciosas emergentes en América Latina, identificando los avances tecnológicos, las iniciativas regionales y los desafíos de implementación.

II. METODOLOGÍA

Este artículo corresponde a las informaciones en base a las referencias bibliográficas encontradas, orientada a sintetizar el conocimiento disponible sobre el desarrollo prospectivo de vacunas ARNm para enfermedades emergentes en América Latina.

Estrategia de búsqueda y fuentes de información

Se consultaron las bases de datos como PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, Frontiers in

Immunology y PubMed Central (PMC), además de documentos institucionales de la OPS, OMS, el Medicines Patent Pool (MPP) y el Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal). No se consideraron artículos de opinión sin respaldo empírico ni fuentes de divulgación sin revisión por pares, con excepción de los informes de organismos internacionales [1, 4, 14].

Descriptores y sintaxis de búsqueda

Se utilizaron los siguientes descriptores en español e inglés relacionados con vacunas ARNm y enfermedades emergentes América Latina. Entre los términos que más destacamos son

"emerging infectious diseases in Latin America", "lipid nanoparticles vaccine delivery",

"dengue mRNA vaccine", "Zika mRNA", "hantavirus vaccine",

"Chikungunya mRNA". Se aplicaron filtros de publicaciones de las fechas 2021 y 2025 [9, 10, 18].

III. RESULTADOS

Fundamentos tecnológicos de las vacunas ARNm

Las vacunas ARNm funcionan introduciendo en las células del huésped una secuencia de ARN mensajero que codifica un antígeno específico del patógeno para que el propio organismo lo sintetice y active una respuesta inmune adaptativa [9]. El proceso implica la transcripción dentro del ARNm, su encapsulación en nanopartículas lipídicas para protegerlo de la degradación enzimática, y su liberación intracelular para la expresión del antígeno [11]. Las nanopartículas lipídicas son actualmente el sistema de entrega no viral más empleado, gracias a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad [10].

Entre las ventajas clave de esta plataforma destacan: la velocidad de diseño y producción, una vez conocida la secuencia genética del patógeno, la vacuna puede desarrollarse sintéticamente en días; la alta adaptabilidad para variantes o nuevos patógenos; y la inducción de respuestas humorales y celulares robustas [9]. En diciembre de 2020, las vacunas Pfizer, también conocida como BioNTech y mRNA-1273 recibieron autorización de uso de emergencia por la “Administración de medicamentos y alimentos”, para 2023 se habían administrado más de 13 000 millones de dosis en todo el mundo, con tasas de eficacia de [aproximadamente el 95%] [3].

Enfermedades emergentes prioritarias en América Latina

La región latinoamericana presenta una carga epidemiológica particularmente elevada en arbovirosis y zoonóticas. El dengue constituye la arbovirosis de mayor impacto, esto se evidencia con 390 millones de infecciones anuales a nivel global y 96 millones con manifestación clínica. En 2024 la región registró más de 13 millones de casos, casi el triple que, en 2023, con más de 7 700 muertes [14, 16]. Las vacunas ARNm para dengue representan una alternativa prometedora frente a las limitaciones de “Dengvaxia” la única vacuna aprobada por la FDA, con restricciones por el fenómeno de potenciación dependiente de anticuerpos y la recientemente preaprobada por la OMS TAK-003 [16].

El virus Zika, aunque en fase endémica, mantiene su presencia en la región y su asociación con microcefalia neonatal y síndrome de Guillain-Barré justifica el desarrollo de vacunas preventivas. La vacuna mRNA-1325 de Moderna mostró baja inmunogenicidad en ensayos iniciales, lo que impulsa el rediseño de antígenos y estrategias de adyuvancia en formulaciones de nueva generación [9, 18]. La Chikungunya por su parte, ha generado brotes en más de 114 países desde 2004; aunque en 2023 se aprobó la primera vacuna viva atenuada (Ixchiq/VLA1553), múltiples plataformas ARNm están en desarrollo clínico [22, 23].

Adicionalmente, enfermedades como el “hantavirus” y el “virus Junín” (endémicas en Argentina y países de zona Sur) fueron identificadas en 2024 por la OPS como objetivos prioritarios para el desarrollo de vacunas ARNm en la región [1, 28]. La tuberculosis, la influenza y la leishmaniasis también figuran en la agenda de I+D regional como patologías con necesidades insatisfechas en vacunación [1].

Iniciativas regionales en desarrollo de vacunas ARNm

En 2023, la OPS lanzó la Plataforma Regional de Innovación y Producción (PRIP), que en 2024 proporcionó asistencia técnica a nueve países de la región y estableció alianzas con productores como Pfizer y Sinergium Biotech en Argentina [4, 14]. En julio de 2024, la OMS y el MPP anunciaron un proyecto liderado por “Sinergium Biotech” para el desarrollo de una vacuna ARNm contra el H5N1 en el marco del Programa de Transferencia de Tecnología de ARNm, estableciendo un precedente para la manufactura local de vacunas frente a patógenos pandémicos emergentes [24, 25].

En septiembre de 2024, la reunión conjunta entre OPS, OMS y MPP celebrada en la sede de Bio-Manguinhos/Fiocruz (Brasil) consolidó un espacio regional de cooperación para avanzar en I+D de vacunas ARNm, identificando necesidades insatisfechas, evaluando la carga de enfermedades y explorando transferencia tecnológica para enfermedades endémicas regionales [1, 25]. Brasil, a través de Fiocruz/Bio-Manguinhos, se posiciona como el principal establecimiento de manufactura biológica en la región, con capacidad para producción a gran escala [17].

Desafíos para la implementación equitativa

La implementación de vacunas ARNm en América Latina enfrenta obstáculos estructurales significativos. El primero es la dependencia de la cadena de frío, ya que las formulaciones actuales requieren almacenamiento a -20 °C o incluso -70 °C, lo que implica una infraestructura logística que muchas zonas rurales y periurbanas de la región no poseen [1,23]. La investigación en sistemas de entrega termostables,

además incluyendo formulaciones con lípidos ionizables de nueva generación representan una línea prioritaria para superar esta barrera [10].

El segundo desafío es la dependencia de importaciones: la región importa 80 veces más vacunas de las que exporta, lo que genera una vulnerabilidad estratégica ante emergencias sanitarias [4, 14]. Esto nos se refleja también en la limitada capacidad de ensayos clínicos locales, la escasa armonización regulatoria entre países latinoamericanos y la insuficiente inversión pública en I+D biotecnológico [5]. Finalmente, persisten inequidades de acceso vinculadas al alto costo por dosis de las vacunas ARNm, que resultan prohibitivas para sistemas de salud de países de ingreso bajo y medio sin mecanismos de financiamiento multilateral [5].

IV. DISCUSIÓN

Los avances observados en la tecnología ARNm posee características únicas que la convierten en una plataforma prioritaria para el abordaje de enfermedades emergentes en América Latina, como la velocidad de desarrollo, flexibilidad antigénica y potente inducción de inmunidad humoral y celular [9, 14]. La pandemia de COVID-19 funcionó como catalizador tecnológico y político para la instalación de estas capacidades en la región [2]. No obstante, la transición desde el éxito contra el SARS-CoV-2 hacia aplicaciones para enfermedades endémicas regionales (como dengue, Zika o hantavirus) implica desafíos técnicos adicionales, particularmente en el diseño de antígenos que eviten el fenómeno ADE y en la optimización de la estabilidad térmica de las formulaciones [16, 18].

Desde una perspectiva de equidad sanitaria, los avances institucionales (PRIP de la OPS, Programa de Transferencia de Tecnología de la OMS y MPP, participación de Sinergium Biotech y Fiocruz) representan pasos concretos pero insuficientes si no se acompañan de marcos regulatorios armonizados, financiamiento sostenido y políticas de propiedad intelectual que faciliten el acceso a patentes [5, 25]. La paradoja de una región con alta carga de enfermedades prevenibles y baja capacidad de manufactura vacunal subraya la urgencia de una agenda de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en salud coordinada a nivel regional [4].

Un punto de debate relevante es si el modelo de transferencia tecnológica impulsado por la OMS es suficiente para generar soberanía sanitaria real, o si se requieren mecanismos complementarios de inversión pública directa en ciencia básica y formación de capital humano especializado en vacunología y biología molecular [5, 8]. La experiencia de la pandemia mostró que la concentración de la manufactura ARNm en pocos países de alto ingreso conduce al acaparamiento de vacunas y a la postergación de los países en desarrollo [25].

V. CONCLUSIONES

- 1 El desarrollo de vacunas ARNm para enfermedades emergentes representan una oportunidad en América Latina configura un términos científicos, sanitarios y tecnológicos.
- 2 La experiencia adquirida durante la pandemia de COVID-19 evidenció que esta plataforma puede acelerar significativamente la respuesta frente a nuevas amenazas.
- 3 Convertir esta tecnología en una herramienta de equidad sanitaria para la región exige superar múltiples limitaciones estructurales relacionadas con infraestructura, capacidad manufacturera local, regulación sanitaria y financiamiento.
- 4 Las iniciativas impulsadas por órganos internacionales y centros regionales de investigación constituyen un avance relevante hacia una mayor soberanía sanitaria.
- 5 El fortalecimiento de la investigación regional en vacunología de nueva generación no solo responde a la equidad en salud, sino que constituye una inversión crítica en seguridad sanitaria colectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2024, 26 de septiembre). Se refuerza la colaboración regional en investigación y desarrollo de vacunas y otras tecnologías de ARNm en América Latina y el Caribe. <https://www.paho.org/es/noticias/26-9-2024serefuerza-colaboracion-regional-investigacion-desarrollo-vacunas-otras>

- 2 CAS Insight. (2025, 14 de marzo). El futuro de las vacunas de ARNm más allá de la COVID-19. <https://www.cas.org/es-es/resources/cas-insights/vacunas-ARNm-futuras>
- 3 Precision Clinical Medicine. (2024). Lipid nanoparticle-based mRNA vaccines: a new frontier in precision oncology. Oxford Academic. <https://academic.oup.com/pcm/article/7/3/pbae017/7725808>
- 4 Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2025, 15 de mayo). Informe anual 2024 de la OPS destaca logros en seguridad sanitaria en las Américas. <https://www.paho.org/es/noticias/15-5-2025-informe-anual-2024-opsdestacalogrosseguridad-sanitaria-americas>
- 5 ISGlobal. (2024). Vacunas de ARNm: ¿un punto de inflexión para la salud global? Discussion, paper. https://www.isglobal.org/documents/d/guest/isglobal_informea4_discussionpapermna-vaccines_es
- 6 Expert Market Research. (2024, 22 de octubre). Vacunas en América Latina: Tendencias, oportunidades y el futuro de la salud pública. OpenPR <https://www.openpr.com/news/3703584/vacunas-en-am-rica-latina-tendenciasoportunidades-y-el>
- 7 U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2023, 11 de septiembre). La FDA emprende acciones con respecto a las vacunas contra el COVID-19 de ARNm actualizadas. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/la-fda-emprendeaccionesconrespecto-las-vacunas-contra-el-covid-19-de-arnm-actualizadas-para>
- 8 Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024, 29 de julio). Nueva iniciativa para avanzar en el desarrollo de una vacuna experimental de ARNm contra la influenza A (H5N1). [https://www.who.int/es/news/item/29-07-2024-new-initiative-launchedtoadvance-mrna-vaccine-development-against-human-avian-influenza-\(h5n1\)](https://www.who.int/es/news/item/29-07-2024-new-initiative-launchedtoadvance-mrna-vaccine-development-against-human-avian-influenza-(h5n1))
- 9 Mehta, M., et al. (2025). Advancing mRNA vaccines for infectious diseases: key components, innovations, and clinical progress. PMC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12204004/>
- 10 Kumar, S., et al. (2025). Lipid nanoparticle-based mRNA therapeutics for infectious diseases. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517325012578>
- 11 Hou, X., et al. (2023). Recent advances in the lipid nanoparticle-mediated delivery of mRNA vaccines. PMC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10059764/>
- 12 Zhang, Y., et al. (2022). Recent advances in lipid nanoparticles for delivery of mRNA. PMC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9787894/>
- 13 Precision Clinical Medicine. (2024). Lipid nanoparticles driving mRNA vaccine innovations: from concept to clinic. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352940725002057>
- 14 Consultorsalud. (2025, 19 de mayo). OPS 2024: ¿Está preparada América Latina para enfrentar la próxima pandemia? <https://consultorsalud.com/ops-lista-americalatinaparaotra-pandemia/>
- 15 Wu, Y., Yu, S., & de Lázaro, I. (2024). Advances in lipid nanoparticle mRNA therapeutics beyond COVID-19 vaccines. Nanoscale. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/nr/d4nr00019f>
- 16 Liu, X. (2025). Opportunities and challenges of mRNA technologies in development of dengue virus vaccine. Frontiers in Immunology, 16, 1520968. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11919880/>
- 17 PATH. (2024). Manufacturing capacity in Latin America: diagnostics and vaccines. <https://www.path.org/l/diagnostic-and-vaccine-manufacturing-capacityinlatinamerica/>
- 18 Chen, L., et al. (2024). Research progress of mosquito-borne virus mRNA vaccines. Molecular Therapy: Methods & Clinical Development. [https://www.cell.com/moleculartherapyfamily/advances/fulltext/S23290501\(24\)00214-6](https://www.cell.com/moleculartherapyfamily/advances/fulltext/S23290501(24)00214-6)
- 19 Ecevr.org. (2025). An updated review of Zika virus vaccine development. <https://ecevr.org/DOIx.php?id=10.7774/cevr.2025.14.e42>
- 20 Vaccines Beat. (2025). The increasing threat of dengue, chikungunya and Zika, the WHO's Global Arbovirus Initiative, and vaccination. <https://vaccinesbeat.org/theincreasing-threat-of-dengue-chikungunya-and-zikatheglobal-arbovirus-initiativeand-vaccination/>
- 21 Sana, M., et al. (2025). Revolutionizing chikungunya vaccines: mRNA breakthroughs with molecular and immune simulations. PMC. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11967231/>

- 22 Suhrbier, A., et al. (2024). Chikungunya vaccine development, challenges, and pathway toward public health impact. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X24011654>
- 23 The Conversation. (2024, 21 de noviembre). Vacunas COVID-19: la cadena de suministro en frío no llega a todas partes, lo que impide su administración equitativa. <https://theconversation.com/vacunas-covid-19-la-cadena-de-suministro-en-frionollegaa-todas-partes-lo-que-impide-su-administracion-equitativa-153014>
- 24 El Globalfarma. (2022, 14 de noviembre). Retrasos, barreras o acceso desigual: los desafíos pendientes en el desarrollo global de vacunas. <https://elglobalfarma.com/industria/retrasos-barreras-o-acceso-desigual-los-desafiospendientes-en-el-desarrollo-global-de-vacunas/>
- 25 Naciones Unidas México. (2024, 31 de julio). Lanza nueva iniciativa para avanzar en el desarrollo de vacunas de ARNm contra la influenza aviar humana (H5N1). <https://mexico.un.org/es/275427-lanza-nueva-iniciativa-para-avanzar-en-el-desarrollo-de-vacunas-de-arnm-contra-la-influenza>



SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE FRÍO: INTEGRACIÓN DE IOT, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CADENA DE FRÍO INTELIGENTE

Ching Garcia, Julyd Fernanda
<https://orcid.org/0009-0008-4821-3044>
jchingg@unidx.edu.pe

Acevedo Aranda, Santos Eleuterio
<https://orcid.org/0009-0001-2127-7338>
sacevedoa@unidx.edu.pe

Atequipa Llacchua, Bacilia
<https://orcid.org/0009-0004-5846-8455>
batequipal@unidx.edu.pe

RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza el estado del arte y el desarrollo de los Sistemas Inteligentes de Monitoreo de Frío (SIMF), una tecnología convergente que integra el Internet de las Cosas (IoT), sensores inalámbricos, algoritmos de inteligencia artificial (IA) y plataformas de datos en la nube para garantizar la integridad de productos sensibles a la temperatura. La cadena de frío representa un eslabón crítico en la industria alimentaria, farmacéutica y biomédica; su quiebre supone pérdidas económicas, riesgos sanitarios y un impacto medioambiental significativo. A través de una revisión sistemática de 30 fuentes científicas indexadas entre 2019 y 2025, se examinan los componentes clave de estos sistemas, incluyendo sensores de temperatura y humedad, microcontroladores ESP32/NodeMCU, redes de sensores inalámbricos (WSN), algoritmos de machine learning (LSTM, XGBoost, Random Forest) y tecnologías de cadena de bloques (blockchain). Los resultados muestran que la integración de IA reduce los incidentes de temperatura fuera de rango hasta en un 75%, mientras que el mercado global de soluciones IoT para cadena de frío creció de USD 5,95 mil millones en 2023 con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 13,8%. Se concluye que los SIMF representan la evolución natural de los sistemas de refrigeración convencionales hacia arquitecturas inteligentes, proactivas y auditables.

Palabras clave: Sistema inteligente de monitoreo de frío (SIMF), Internet de las Cosas (IoT), Cadena de frío, Mantenimiento predictivo, Machine Learning, Redes de sensores inalámbricos, Blockchain para trazabilidad alimentaria, Detección de anomalías en temperatura, Redes neuronales recurrentes, Seguridad alimentaria y farmacéutica

ABSTRACT

This research paper analyzes the state of the art and development of Intelligent Cold Chain Monitoring Systems (ICCMS), a convergent technology that integrates the Internet of Things (IoT), wireless sensors, artificial intelligence (AI) algorithms, and cloud data platforms to ensure the integrity of temperature-sensitive products. The cold chain represents a critical link in the food, pharmaceutical, and biomedical industries; any disruption may result in economic losses, health risks, and significant environmental impact. Through a systematic review of 30 indexed scientific sources published between 2019 and 2025, the study examines the key components of these systems, including temperature and humidity sensors, ESP32/NodeMCU microcontrollers, Wireless Sensor Networks (WSN), machine learning algorithms (LSTM, XGBoost, Random Forest), and blockchain technologies. The results show that AI integration reduces out-of-range temperature incidents by up to 75%, while the global market for IoT cold chain solutions grew to USD 5.95 billion in 2023, with a compound annual growth rate (CAGR) of 13.8%. It is concluded that ICCMS represent the natural evolution of conventional refrigeration systems toward intelligent, proactive, and auditable architectures.

Keywords: Intelligent cold chain monitoring system (SIMF), Internet of Things (IoT), Cold chain, Predictive maintenance, Machine learning, Wireless sensor networks, Blockchain for food traceability, Temperature anomaly detection, Recurrent neural networks, Food and pharmaceutical safety

I. INTRODUCCIÓN

El monitoreo continuo de temperatura es un pilar esencial en la gestión de la cadena de frío. ^[1] Los sistemas tradicionales, basados en registradores manuales o sensores analógicos, presentan importantes limitaciones: baja frecuencia de muestreo, ausencia de alertas en tiempo real y escasa capacidad de análisis predictivo. ^[4] Ante la creciente demanda de productos perecederos —alimentos frescos, vacunas, biofarmacia— y la complejidad de las cadenas de suministro globales, la industria ha impulsado el desarrollo de Sistemas Inteligentes de Monitoreo de Frío (SIMF) que combinan sensores de bajo consumo, conectividad inalámbrica, plataformas en la nube e inteligencia artificial. ^[5]

Según análisis de mercado recientes, el segmento global de soluciones IoT para cadena de frío alcanzó USD 5,95 mil millones en 2023, proyectándose a USD 19,06 mil millones hacia 2032 con una CAGR del 13,8%. ^[15] En el sector farmacéutico, la inversión en tecnologías de monitoreo digital podría superar los USD 55,75 mil millones hacia 2030. ^[23] Estos datos reflejan un cambio paradigmático: la refrigeración deja de ser un proceso pasivo para convertirse en un ecosistema de datos activo y autogestionado. ^[25]

El presente trabajo tiene como objetivo sintetizar el conocimiento disponible sobre los SIMF, describir su arquitectura tecnológica, evaluar los algoritmos de IA aplicados al monitoreo de temperatura, y proyectar los retos y oportunidades de esta disciplina en los próximos años.

REVISIÓN DE LITERATURA

Arquitecturas IoT para refrigeración

El paradigma IoT ha transformado el diseño de sistemas de refrigeración comercial e industrial. Budijono y Felita demostraron que la integración del microcontrolador ESP32 con conectividad Wi-Fi permite la transmisión en tiempo real de datos de temperatura y humedad hacia bases de datos en la nube, habilitando el mantenimiento preventivo remoto. ^[1] De modo similar, Farhan et al. propusieron un refrigerador inteligente basado en Arduino YUN capaz de notificar al usuario el inventario de su nevera mediante internet, pionerizando el concepto de monitoreo remoto del estado de conservación de alimentos. ^[2]

Moysiadis et al. presentaron un framework IoT completo para el monitoreo remoto de sistemas de refrigeración y almacenamiento en frío (RCSS), basado en redes de sensores inalámbricos (WSN) y algoritmos de mantenimiento predictivo, posicionando esta solución en el marco de la Industria 4.0. ^[4] Alshehri et al. extendieron esta propuesta diseñando un sistema IoT-BC (IoT con control embebido) para cámaras frigoríficas con sensores de CO₂, etileno y corriente eléctrica del compresor, reportando un control preciso de las condiciones micro climáticas sin afectar la calidad de fruta almacenada. ^[5]

Machine learning y detección de anomalías

La aplicación de aprendizaje automático en la cadena de frío ha cobrado fuerza especialmente desde 2020. Loisel et al. compararon conjuntos de datos sintéticos y experimentales para entrenar modelos de redes neuronales orientados a predecir la temperatura interior de pallets en tránsito, demostrando la viabilidad de datos simulados como complemento al entrenamiento experimental. ^[10] Eze et al. desarrollaron un modelo basado en machine learning para optimizar el control de temperatura en la cadena de suministro de alimentos perecederos, minimizando pérdidas y garantizando la inocuidad. ^[13]

Muhammad et al. presentaron un sistema de detección de fallos en tiempo real basado en un Autoencoder Convolutivo (CAE) semi supervisado desplegado sobre un microcontrolador ESP32, logrando identificar anomalías de temperatura en neveras de almacenamiento de vacunas sin necesidad de conectividad continua a la nube. ^[14] Complementariamente, Jiang et al. propusieron modelos K-means++ combinados con redes LSTM para predecir condiciones ambientales en el transporte refrigerado de productos agrícolas, mejorando la anticipación ante desviaciones térmicas. ^[8]

Recientes trabajos han combinado XGBoost y Random Forest para detección de anomalías e identificación de fallas inminentes en cámaras frigoríficas positivas, mientras que modelos LSTM se emplean para la predicción de variaciones de temperatura y humedad. ^[28] Estos enfoques demuestran que los modelos de aprendizaje ensemble son especialmente efectivos cuando los datos presentan alta dimensionalidad y patrones no lineales.

Blockchain y trazabilidad

La tecnología blockchain ha emergido como solución para garantizar la integridad e inmutabilidad de los datos de temperatura registrados en la cadena de frío. Su integración con dispositivos IoT permite crear

registros auditables que fortalecen la confianza del consumidor y facilitan la trazabilidad ante recalls de productos. ^[16] Revisiones recientes destacan que AI + Blockchain pueden ofrecer plataformas unificadas de evaluación de cumplimiento de normas de seguridad alimentaria, garantizando que solo productos de alta calidad lleguen al consumidor final. ^[19]

En el ámbito farmacéutico, los registros en blockchain han demostrado reducir de días a segundos el tiempo de respuesta ante alertas de cadena de suministro de medicamentos, tal como fue evaluado por el programa piloto de la FDA con IBM, Walmart y Merck. ^[16] Específicamente, aplicaciones basadas en blockchain han sido propuestas para alimentos frescos, mariscos, vacunas y productos lácteos, asegurando la consistencia e integridad de los datos de temperatura a lo largo de toda la cadena. ^[23]

Inteligencia artificial y eficiencia energética

Los sistemas de refrigeración convencionales operaban con controles de temperatura preajustados que requerían supervisión manual constante. Los modelos de IA modernos permiten monitorear el consumo energético de compresores, condensadores y evaporadores de forma autónoma, programando el mantenimiento preventivo sin intervención humana. ^[25] Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), el análisis predictivo en sistemas HVAC residenciales puede reducir los incidentes de mantenimiento no programado hasta en un 30% y mejorar la eficiencia energética entre un 10% y un 15%. ^[30]

II. METODOLOGÍA

Este trabajo adoptó un enfoque de revisión sistemática de la literatura científica siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos PubMed/PMC, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, ResearchGate y Google Scholar, empleando los operadores booleanos AND/OR con los términos: "cold chain monitoring", "IoT refrigeration", "machine learning temperature", "smart cold storage", "predictive maintenance refrigeration" y "blockchain food safety".

Criterios de inclusión: (a) artículos publicados entre 2019 y 2025; (b) estudios con metodología experimental o revisiones sistemáticas; (c) documentos en inglés o español disponibles en acceso abierto o mediante instituciones académicas acreditadas; (d) trabajos que reportan resultados cuantitativos sobre precisión, eficiencia o impacto del sistema. ^{[10][11]}

Criterios de exclusión: artículos sin revisión de pares, trabajos duplicados, resúmenes de conferencia sin datos completos, y estudios anteriores a 2019 salvo referencias históricas clave.

La extracción de datos se organizó en matrices temáticas que agrupan los estudios por: (1) tecnología de sensor empleada, (2) algoritmo de IA aplicado, (3) tipo de industria objetivo, (4) métricas de rendimiento reportadas, y (5) infraestructura de conectividad. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala GRADE adaptada a ingeniería de sistemas.

III. RESULTADOS

3.1 Componentes tecnológicos predominantes

El análisis de los estudios incluidos revela que el microcontrolador ESP32/NodeMCU es el hardware más utilizado en prototipos de SIMF, presente en el 67% de los trabajos experimentales revisados. Los sensores DHT22 (temperatura + humedad) y DS18B20 (temperatura de precisión) son los más citados como instrumentos de adquisición de datos. ^{[1][7]} El protocolo MQTT sobre redes Wi-Fi (2,4 GHz) y LTE-M/NB-IoT para entornos de movilidad constituyen los canales de comunicación dominantes, con Firebase y AWS IoT como plataformas en la nube más utilizadas. ^[15]

3.2 Rendimiento de los algoritmos de IA

El Autoencoder Convolutivo (CAE) desplegado en ESP32 logró una detección de anomalías con alta precisión sobre datos reales de temperatura en neveras de vacunas, operando en tiempo real sin conectividad continua. ^[14] Los modelos de clasificación XGBoost superaron en precisión a Random Forest para la identificación de fallas inminentes en compresores industriales, mientras que LSTM demostró ventaja en tareas de predicción de series temporales de temperatura con horizontes de hasta 6 horas. ^[28]

Un sistema de inteligencia artificial aplicado al reconocimiento del estado de frescura de frutas en cámara frigorífica alcanzó una precisión del 92,27% y un F1-score del 95,1%, demostrando la viabilidad de la visión por computadora integrada en SIMF. ^[7] En el sector de la capacidad de almacenamiento, modelos Prophet y SARIMA parametrizados por búsqueda en grilla superaron los métodos de planificación convencionales para la predicción de demanda de espacios refrigerados. ^[12]

3.3 Impacto económico y operativo

Los estudios revisados reportan de forma consistente que los sistemas de monitoreo inteligente reducen la incidencia de quiebres de cadena de frío. En el sector farmacéutico, las herramientas de Industria 4.0 logran evitar más del 75% de los incidentes de excursión de temperatura. ^[23] El rastreo IoT en tiempo real ha reducido significativamente los residuos y el deterioro de productos en distribución de alimentos, y pilotos europeos reportaron una reducción sustancial de eventos fuera de especificación gracias a alertas predictivas de fallas en refrigeración. ^[15]

IV. DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sugieren que los SIMF no son simplemente una evolución incremental de los sistemas de refrigeración, sino una transformación estructural hacia ecosistemas de datos continuos. La transición de sistemas reactivos (que alertan después del fallo) a sistemas proactivos (que predicen el fallo antes de que ocurra) es el avance más significativo documentado en la literatura reciente. ^{[25][29]}

La heterogeneidad de los protocolos de comunicación (Wi-Fi, LoRa, NB-IoT, Zigbee) y las plataformas de análisis empleadas dificulta la comparación directa entre estudios. ^[11] Esta falta de estandarización es señalada por múltiples autores como uno de los principales obstáculos para la escalabilidad de los SIMF a nivel industrial. La interoperabilidad entre plataformas —garantizada mediante estándares abiertos como MQTT, OPC-UA y APIs REST— emerge como requisito técnico imprescindible.

La integración de blockchain como capa de confianza e inmutabilidad de datos es prometedora pero aún enfrenta barreras económicas: el costo de implementación y el consenso inter-organizacional siguen siendo retos no resueltos. ^[16] Sin embargo, la regulación emergente —como FSMA 2026 en Estados Unidos— actuará como catalizador para su adopción masiva. ^[6]

Desde la perspectiva del aprendizaje automático, la escasez de datos etiquetados para condiciones de fallo sigue siendo un cuello de botella. Las técnicas de generación de datos sintéticos y el aprendizaje semisupervisado —como el aplicado por Muhammad et al. con el CAE— ofrecen vías prometedoras para superar esta limitación. ^[14]

V. CONCLUSIONES

Los Sistemas Inteligentes de Monitoreo de Frío representan una convergencia tecnológica de alto impacto que transforma la gestión de la cadena de frío en sectores alimentario, farmacéutico y biomédico. La evidencia científica analizada en 30 estudios recientes confirma que:

- ✓ La integración de sensores IoT con plataformas en la nube permite la supervisión en tiempo real con latencias inferiores a los requerimientos regulatorios.
- ✓ Los algoritmos de IA —en especial LSTM, XGBoost y autoencoders— elevan significativamente la precisión en la detección anticipada de fallos y la predicción de condiciones térmicas futuras.
- ✓ Blockchain consolida la trazabilidad e inmutabilidad de los datos de temperatura, incrementando la transparencia y la confianza en toda la cadena de suministro.
- ✓ La adopción de SIMF genera beneficios económicos tangibles: reducción de desperdicios, disminución de incidentes fuera de temperatura y optimización del consumo energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Budijono S, Felita A.. IoT-Based Food Cold Storage Monitoring and Controlling System.. Int J Eng Res Appl. 2024;13(3):45-52; 2024.
https://www.researchgate.net/publication/379170073_IOT_BASED_FOOD_COLD_STORAGE_MONITORING_AND_CONTROLLING_SYSTEM

2. Farhan L, Kharel R, Kaiwartya O, Quiroz-Castellano M, Majumdar S.. Internet of Things-based Inventory Monitoring Refrigerator Using Arduino Sensor Network.. Indonesian J Electr Eng Comput Sci. 2020;17(1):118-126; 2020. <https://arxiv.org/pdf/1911.11265>
3. Verizon ThingSpace.. Refrigeration Monitoring — Condition Based Maintenance Cloud.. Verizon Business Solutions; 2023. <https://thingspace.verizon.com/solutions/end-to-end-solutions/condition-based-maintenance/refrigeration-monitoring.html>
4. Moysiadis V, Sarigiannidis P, Vitsas V, Khelil A.. Design and Development of an IoT Enabled Platform for Remote Monitoring and Predictive Maintenance of Industrial Equipment.. ScienceDirect — Procedia Comput Sci. 2021;192:2863-2872; 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197892100161X>
5. Alshehri AA, Albarrak AS, Alshahrani HM.. Design of a Smart IoT-Based Control System for Remotely Managing Cold Storage Facilities.. PMC — Appl Sci. 2022;12(13):6544; 2022. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9269591/>
6. Reynolds E, Mena G.. 5 Ways to Harness IoT for Next-Gen Cold Storage Monitoring.. FoodSafetyTech. 2024 Apr 15; 2024. https://foodsafetytech.com/feature_article/5-ways-to-harness-iot-for-next-gen-cold-storage-monitoring/
7. Amar F, Sahraoui H, Gueddah H.. Development and Analysis of a Smart Cold Storage System for Fruit Warehouses.. MATEC Web Conf. 2024;401:01027; 2024. https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2024/10/mateconf_mtme24_01027.pdf
8. Jiang J, Peng C, Liu W, Liu S, Luo Z, Chen N.. Environmental Prediction in Cold Chain Transportation of Agricultural Products Based on K-means++ and LSTM Neural Network.. Processes. 2023;11(3):776; 2023. <https://doi.org/10.3390/pr11030776>
9. Kyaw ZT.. Applying Embedded Machine Learning to Temperature Monitoring in Cold Chain Applications.. Edge Impulse Blog. 2023 Dec 4; 2023. <https://www.edgeimpulse.com/blog/embedded-machine-learning-cold-chain/>
10. Crépet A, Vannier M, Derens E.. Cold Chain Break Detection and Analysis: Can Machine Learning Help?. Food Control. 2021;130:108301; 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421002442>
11. Dewulf H, De Backer J, Lambrecht M.. Revolutionize Cold Chain: An AI/ML Driven Approach to Overcome Capacity Shortages.. Int J Prod Res. 2024;62(7):2190-2212; 2024. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2024.2398583>
12. Eze J, Duan Y, Eze E, et al.. Machine Learning-Based Optimal Temperature Management Model for Safety and Quality Control of Perishable Food Supply Chain.. Sci Rep. 2024;14:19573; 2024. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-70638-6>
13. Muhammad LJ, et al.. Real-Time Temperature Anomaly Detection in Vaccine Refrigeration Systems Using Deep Learning on a Resource-Constrained Microcontroller.. Front Artif Intell. 2024;7:1429602; 2024. <https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2024.1429602/full>
14. Eelink Technologies.. Data-Driven Cold Chain: IoT Anomaly Detection & Predictive Analytics.. Eelink Blog. 2025 May 13; 2025. <https://www.eelinktech.com/blog/data-driven-cold-chain-iot-anomaly-detection-predictive-analytics/>
15. Kiplinger GS, Hoffman C.. Blockchain Technology in the Food Industry.. Institute for Food Laws and Regulations, Michigan State University. 2022 Apr 21; 2022. <https://www.canr.msu.edu/news/blockchain-technology-in-the-food-industry>
16. US Patent 10823499.. Smart Storage of Temperature Sensitive Pharmaceuticals.. USPTO; 2020. <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/10823499>
17. US Patent 11629910.. Smart Storage of Temperature Sensitive Pharmaceuticals — Expanded Claims.. USPTO; 2023. <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/11629910>
18. Bhatia M, Albarrak AS.. A Comprehensive Review of Blockchain with Artificial Intelligence Integration for Enhancing Food Safety and Quality Control.. Food Control. 2025;165:110591; 2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856425001031>

19. Jiang L, Zhao X, Yan J.. Blockchain-Based Fresh Food Quality Traceability and Dynamic Monitoring: Research Progress and Application Perspectives.. *Comput Electron Agric.* 2024;224:109177; 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169924005829>
20. George J, Uko M, Ekpo S, Elias F.. IoT-Enabled Biosensors in Food Packaging: A Breakthrough in Food Safety for Monitoring Risks in Real Time.. *PMC — Biosensors.* 2025;15(4):241; 2025. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12027264/>
21. Radhika K, Mohammed S, Tadepalli SK.. Food Safety Distribution Systems Using Private Blockchain: Ensuring Traceability and Data Integrity Verification.. *PubMed — J Food Sci.* 2025;90(4):e70082; 2025. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40282806/>
22. Arias JP, Hernández R, Nieto MJ.. Enhancing Food Safety in the Cold Chain Through Internet of Things and Artificial Intelligence.. *PMC — Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2026;25(1):e70041; 2026. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12910151/>
23. US Patent 10941980.. Predictive Maintenance of Refrigeration Cases.. USPTO; 2021. <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/10941980>
24. Bennett R.. How Artificial Intelligence is Changing the Refrigeration Industry.. *ACHR News.* 2025 Oct 6; 2025. <https://www.achrnews.com/articles/165353-how-artificial-intelligence-is-changing-the-refrigeration-industry>
25. US Patent 11187446.. Anomaly Detection in a Refrigeration Condenser System.. USPTO; 2021. <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/11187446>
26. US Patent 12498156.. Anomaly Detection for Refrigeration Systems.. USPTO; 2025. <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/12498156>
27. Boukhali Y, Kabbaj MN, Benbrahim M.. Advanced IoT-AI Integration for Predictive Management of Positive Temperature Cold Storage Systems.. *Lecture Notes Comput Sci.* Springer. 2025;14521:18-35; 2025. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-96228-8_2
28. IBM.. The Role of AI in Predictive Maintenance.. *IBM Think Insights.* 2026 Jan 28; 2026. <https://www.ibm.com/think/insights/ai-in-predictive-maintenance>
29. International Energy Agency (IEA) / Alsavo HVAC.. Predictive Intelligence: How AI Heat Pumps Are Transforming Maintenance and Reliability.. *Alsavo Blog.* 2025 Aug 30; 2025. <https://www.alsavo.com/blogs/news/predictive-intelligence-how-ai-heat-pumps-are-transforming-maintenance-and-reliability>

ANÁLISIS DE LA SALUD MENTAL EN NIÑOS Y ADOLESCENTES Y SU PREVALENCIA

Chávez Caña, Nadia Betzabe
<https://orcid.org/0009-0002-8334-066X>
nchavezc@unidx.edu.pe

Dávila Huapaya, Rosario Beatriz
<https://orcid.org/0000-0003-2674-5492>
rdavilah@unidx.edu.pe

Gonzales Surichaqui, Kemil
<https://orcid.org/0009-0003-1330-0029>
kgonzaleess@unidx.edu.pe

Mejia Flores, María Teresa
mmejiaf@unidx.edu.pe

Taype Segovia, Rosario Sara
<https://orcid.org/0009-0001-6876-4408>
rtaypes@unidx.edu.pe

Sosa Pillaca, Mildre
<https://orcid.org/0009-0008-5305-0286>
msosap@unidx.edu.pe

RESUMEN

La Salud mental en niños y adolescentes tiene como Objetivo: identificar la prevalencia que existe en la actualidad de los problemas de salud mental. El Método de estudio es de revisión bibliográfica realizando búsqueda por internet según las palabras claves salud mental And Niños, analizando artículos originales y tesis, clasificados, logrando como Resultado que si hay herramientas de identificación de problemas de salud mental y además se evidencia las poblaciones más vulnerables, también sus complicaciones e influencias en la sociedad, en Conclusión en la actualidad los niños y adolescentes presentan diversos problemas de salud mental como: desánimo aburrimiento, déficit de concentración, preocupaciones, indiferencia, indisciplinado, estrés, tristeza e irritabilidad.

Palabras claves: Salud mental. Niños y adolescentes

ABSTRACT

The objective of this study on mental health in children and adolescents is to identify the current prevalence of mental health problems. The research method involves a literature review conducted through an online search using the keywords "mental health" and "children," analyzing original articles and theses, and classifying the findings. The results indicate that there are tools available for identifying mental health problems, and the study also highlights the most vulnerable populations, as well as the complications associated with these issues and their impact on society. In conclusion, children and adolescents today present various mental health problems such as: discouragement, boredom, lack of concentration, worries, indifference, unruliness, stress, sadness, and irritability.

Keywords: Mental health. Children and adolescents

I. INTRODUCCIÓN

La salud comunitaria preventiva es la manifestación integral del estado de salud de los ciudadanos, capaz de identificar factores de riesgo y promover el buen estado físico y mental de la sociedad de acuerdo a la organización mundial de la salud es la participación activa de la comunidad para evitar enfermedades y abarca situaciones puntuales de la sociedad (1).

La importancia de gozar con una buena salud comunitaria mental de acuerdo la organización mundial de la salud y según la organización panamericana de la salud indica que la promoción de la salud constituye un proceso político y social global que involucran situaciones dirigidas a fortalecer destrezas y capacidades de personas y la comunidad, aun mas importante son acciones dirigidas a mejorar las capacidades y habilidades de las personas y de la comunidad, también remodelar las condiciones sociales, ambientales y económicas con el objetivo de causar un impacto positivo en la mejora de la salud (2).

De acuerdo con las ultimas publicaciones de la organización mundial de la salud más de mil millones de personas padecen de salud mental en el mundo y las más comunes son la ansiedad y la depresión afectando a todas las edades, y en todas las clases sociales, estos dos problemas frecuentes de ansiedad y depresión afecta a ambos sexos, pero las mujeres son afectadas desproporcionadamente en comparación de los hombres por otro lado el suicidio es un gran problema devastador el año 2021, fue causante de 727 000 defunciones (3) así mismo en Estados Unidos una de las causas frecuentes de salud mental son el suicidio y la discapacidad, y solamente el 50% de las personas con problemas mentales reciben tratamiento (4). En el Perú más del 30% de la población a padecido un problema de salud mental y en las personas adultas cualquier trastorno psiquiátrico alcanzo al 30,39% esto traduce que 5,1 millones de personas a padecido de una condición de salud mental y la ansiedad alcanza a 10,1% de la población (5).

A nivel mundial, existe una buena aceptación con el compromiso de la salud comunitaria mental, desde el apoyo político, económico, profesional, social y del individuo, con acciones concretas, pero aún no refleja bienestar completo en la comunidad, porque aún emergen enfermedades socioemocionales, tuberculosis, anemia, desnutrición entre otras, es por ello el objetivo del presente trabajo, de analizar la salud mental en niños y adolescentes, y buscar nuevas herramientas para medir la situación actual y entender la gravedad del problema para plantear nuevas estrategias en el cuidado de la salud mental.

OBJETIVO

Objetivo general

Analizar el problema de salud mental en niños y adolescentes

Objetivos específicos

- Evaluar cuales son los instrumentos para evaluar el problema de salud mental en niños y adolescentes.
- Analizar si los problemas de salud mental de los niños y adolescentes son causantes de complicaciones en las actividades escolares y sociales.
- Identificar cuáles son los síntomas frecuentes en el problema de salud mental en niños y adolescentes.

II. MARCO TEORICO

Antecedentes

C. Polihronis 2024. quien en su trabajo realizan un prueba piloto de una herramienta comunicamétrica de detección y triaje de salud mental y desarrollo para niños, el cual tuvieron como objetivo, implementar y evaluar una nueva herramienta de evaluación comunicamétrica de sistema motor y desarrollo para niños menores de 6 años utilizando una herramienta de evaluación HEADS-ED Under 6 (Herramienta de evaluación clínica breve y validada diseñada para identificar de forma temprana problemas de salud mental y alteraciones en el desarrollo de bebés y niños desde el nacimiento hasta su sexto año) el cual se utilizaron para informar tres dominios clínicos (alimentación, sueño, desarrollo, habla/lengua/motricidad, emociones y comportamiento) logrando con resultados que el 52% de los niños no estaban conectados a ningún recurso actual de salud mental, y el 39.6% estaban conectados pero los recursos no satisfacían sus

necesidades. El segundo dominio con el mayor número de necesidades que requieran acción inmediata incluía emociones y comportamientos (16.6%) y el tercer dominio incluía desarrollo habla/lengua/motor (15.5%) (6)

R. Argelia, 2024 en el estudio: dificultad del funcionamiento en la población infantil, el cual tuvieron como objetivo fue estimar la prevalencia de dificultad del funcionamiento en niñas, niños y adolescentes mexicanos de 5 a 17 años, utilizando un método del módulo del grupo de Washington y el fondo de las naciones para la infancia (Unicef) para medir dificultad del funcionamiento. Y como resultados manifiestan que el 18.1% de las personas de 5 a 17 años tienen dificultad del funcionamiento, con mayor prevalencia en niñas. Los dominios con mayores prevalencias fueron ansiedad. Depresión y hacer amigos. Ser niña y tener una madre con escolaridad secundaria y con separación conyugal incrementan la posibilidad de presentar dificultad del funcionamiento. El castigo físico se asocia positivamente con dificultades de funcionamiento. En conclusión, el sistema de salud debe buscar facilitar el acceso a tamizaje de niños con dificultad del funcionamiento (7).

J. Souza, 2026 en su estudio de Recuperación de la violencia sufrida por los adolescentes en la asistencia escolar en Brasil el cual tiene como objetivo analizar los impactos de la violencia en la adolescencia, explorando sus principales formas y factores asociados, específicamente en relación con la asistencia escolar, el tipo de método de estudio fue un diseño experimental transversal que recopiló datos entre abril y septiembre del 2025 mediante un cuestionario estructurado y autoadministrado en el que los estudiantes respondieron a las preguntas directamente en teléfonos inteligentes, dicha encuesta contenía 146 preguntas las cuales contenían temas socioeconómicos, demográficos, comportamiento de riesgo, salud mental, practica de actividad física y el absentismo escolar. El cual como resultados lograron estudiantes de la región sudeste (75.53%) con proporción significativa de estudiantes que residen en el interior (76.56% en comparación con los que residen en las capitales. La proporción de adolescentes de sexo femenino fue mayor (52.42%) al igual que adolescentes que se autodefinían como negros (55.39%), la edad más frecuente fue la de 14 años (57.54%) en cuanto a la escolaridad de la madre, la mayoría de los estudiantes declararon tener estudios secundarios incompletos (25.6%) seguido de estudios primarios completos (25.5%) y estudios superiores completos (19.2%) (8).

B. Tirado, 2023 con su publicación: Características psicométricas de la adaptación peruana de la lista de verificación de síntomas pediátricos. Cuyo objetivo fue determinar las características psicométricas de la adaptación peruana de la PSC-17 donde usaron la metodología de recolección de datos de 561 escolares peruanos (53.3% mujeres de edad media 12.23) que completaron la PSC-17 (evaluación de salud mental, bienestar emocional y conductual en niños y adolescentes de 4 a 17 años) a través de llamadas o videollamadas, entre noviembre del 2021 y enero del 2022 el cual lograron como resultado que el 45.3% de estudiantes suele tener desánimo y aburrimiento, el 38.9% suele estar distraídas en preocupaciones, el 70,9% evitan tener problema con los demás, el 87.5% ignoran que los demás molesten o se burlen de otras personas y El 57.2% no sigue las ordenes o reglas de su entorno, en conclusión hay un promedio superior de niños y adolescentes que presentan dificultades psicosociales (9).

C. Cortez, 2024 con su Artículo Salud mental de los niños y adolescentes con educación virtual durante la pandemia de la COVID-19 en Perú medida a través de la PSC-17, cuyo objetivo fue evaluar la salud mental de los niños y adolescentes en relación con la educación virtual durante la pandemia de la COVID-19 en Perú y medida a través de la lista de verificación de síntomas pediátricos (PSC-17) el cual usaron como método de llamadas telefónicas o videollamadas entre noviembre del 2021 y enero del 2022 donde aplicaron un cuestionario a 561 personas, aplicadas a 13 escuelas, y como resultados el 52.6% de estudiantes presentó distintos niveles de estrés, tristeza o irritabilidad, y el 34.8% expreso que la demanda más difícil fue la modalidad de aprendizaje. El 28.5% mostró riesgo de presentar problemas de salud mental (54.9% problemas internalizantes, 25% de atención. Y 2.9% externalización, en conclusión, los estudiantes varones presentan mayor riesgo de salud mental y los estudiantes de instituciones educación públicas, evidenciaron menor riesgo (10).

B. Taskesen 2022. En su estudio Evaluación de los niveles de depresión ansiedad y estrés postraumático en niños y adolescentes tratados por COVID-19. Cuyo objetivo fue evaluar las reacciones de nivel de estrés a la depresión, ansiedad y el estrés postraumático en pacientes pediátricos post infectados por COVID-19, el cual usaron como metodología un estudio prospectivo en niños de la de la universidad de Dicle entre marzo del 2020 y Junio del 2021 utilizando: el índice de reacción de estrés postraumático infantil (CPTS-RI), el inventario de depresión infantil (CDI) y la prueba de detección de trastornos relacionados con la ansiedad infantil (SCARED). Hallando como resultado el 10% de los pacientes tenían depresión, el 41% tenían menos de la sub escala de SCARED, el 44% presento un CPTS-RI superior al limite normal, mientras el 4% mostro un nivel de reacción de estrés grave, en la población femenina presento un puntaje de SCARED y CPTS_RI fueron significativamente altos ($p=0.01$). en conclusión, el presente estudio

demonstró que la infección por COVID-19 es un factor de riesgo para la psicopatología en niños y adolescentes (11).

Salud comunitaria

En la actualidad las personas viven más tiempo en países con ingresos económicos mejorados a diferencia de aquellos países que tienen ingresos económicos inferiores en el cual se muestra una esperanza de vida menor, estos datos han sido estudiados y obtenidos por indicadores denominados esperanza de vida, el cual considera las condiciones de vida, de salud, educación y otros factores para las mejoras del sistema sanitario, sin embargo este proceso no es nada fácil, y es lamentablemente parcial, injusta e inequitativa. El panorama sanitario avanza y es cambiante según la evolución de las sociedades. Mientras los países de ingresos económicos altos padecen de enfermedades crónicas, los países con ingresos económicos bajos carecen de un sistema de inmunización completa y ausencia de antibacterianos causando contagios o infestaciones (12).

Salud mental

Determinantes de la salud. Son aquellos factores que mejoran o amenazan el estado de salud de un individuo o una comunidad. Pueden ser asuntos de opción individual o pueden estar relacionados con características sociales, económicas y ambientales que escapan al control de los individuos, los problemas de salud comprenden: problemas psicosociales, trastornos mentales y del compromiso La Salud mental, es el proceso dinámico de bienestar, producto de la interrelación entre el entorno y el despliegue de las diversas capacidades humanas, tanto de los individuos como de los grupos y colectivos que forman la sociedad. Incluye la presencia de conflictos en la vida de las personas, así como la posibilidad de afrontarlos de manera constructiva. Implica el proceso de búsqueda de sentido y armonía, que se encuentra íntimamente ligado a la capacidad de autocuidado, empatía y confianza que se pone en juego en la relación con las demás personas, así como con el reconocimiento de la condición, propia y ajena, de ser sujeto de derechos (13).

Tamizaje de la detección del maltrato infantil en niñas, niños y adolescentes de 0 a 17 años Comprende la observación de indicadores físicos y/o conductuales relacionados al maltrato infantil en niñas, niños o adolescentes, sus madres, padres o cuidadores, una entrevista breve usando las preguntas de tamizaje y consejería de acuerdo a los hallazgos: si el resultado es negativo se refuerza los factores protectores y la parentalidad saludable y, si es positivo, se apoya la búsqueda de ayuda necesaria realizando la derivación al servicio de psicología del establecimiento de salud y el seguimiento para verificar que está recibiendo el tratamiento y cuidados de salud mental (14).

Tratamiento especializado en violencia familiar

Definición. - Comprende un paquete de intervenciones especializadas que se brinda, continuamente durante el periodo de 12 meses, en centros de salud mental comunitarios (CSMC) y establecimientos de salud a partir del segundo nivel de atención El paquete incluye el desarrollo de las siguientes intervenciones: consulta médica con el fin de realizar evaluación diagnóstica y el desarrollo del plan terapéutico especializado; la intervención individual en la salud mental; intervención familiar y visitas domiciliarias (14):

Control y desarrollo del niño sano

El control de niño sano en el Perú es un monitoreo integral que se da hasta los 11 años evaluando el crecimiento físico (peso, talla, perímetro cefálico) además del desarrollo psicomotor, incluyendo las áreas motoras, lenguaje, social y cognitiva así de esta manera poder identificar en edad temprana tipos de signos de desnutrición, anemia, problemas visuales/auditivos o alteraciones por ello se considera a continuación, el detalla la frecuencia y la cantidad de veces del control de crecimiento y desarrollo en el Perú: Recién nacidos desde los 0 a 28 días donde el primer control es el día 7 siendo el parto dentro de una institución pública y a partir de las 48 horas cuando el parto haya sido en no institucionales o domiciliarias contadas desde su notificación. El segundo control será entre los días 7 al 14vo día y el tercer control será del día 14 al día 28. A los niños desde los 29 días hasta los 11 meses (15):

De los 12 meses en adelante el control será de la siguiente manera:

- Entre el primer año y los 2 años: la cita es bimestral (cada 2 meses).
- Entre los 2 y 4 años: la cita es trimestral (cada 3 meses).
- Entre los 5 y 11 años: la cita es semestral.

Estrés

Según la OMS el estrés se puede definir como una situación de preocupación o tensión mental provocado por un momento dificultoso. Todos tenemos un cierto nivel de estrés, ya que se trata de una respuesta natural a las amenazas y a otros estímulos. Es la forma en que reaccionamos el estrés lo que coloca la manera en que causa nuestro bienestar (16).

Déficit de concentración

La desatención se refiere a una significativa dificultad para conservar la atención estable en actividades que no proporcionan un aceptable nivel de estímulos o recompensas frecuente, desatención y dificultades con la organización, es también la dificultad de mantener la capacidad de cumplir con las tareas, que significan una gran medida de motivación, causando: olvidos, despistes, perdidas de objetos, dificultad en seguir ordenes o instrucciones, cambios de ideas de manera repentina, además no comprende con exactitud signos y operaciones matemáticas, y estos cambios de actitud también se da en un proceso de conversación o momentos de compartir actividades recreativas con los demás (17).

Indisciplinado

Las personas no buscan un sentido de pertenencia e importancia en su entorno social, es una relación basada sin respeto mutuo, no existe empatía, entendimiento de la perspectiva del estudiante sin resolución colaborativa de los problemas seguimiento no amable ni firme. Siente vergüenza y culpa sin enfocarse en soluciones desatendiendo la creencia detrás del comportamiento. El estudiante siente que no pertenece ni es importante en su entorno educativo y social (18).

III. METODOLOGÍA

Desde los primeros días del mes de mayo del 2026 se inició la busque de información por internet respecto a los diferentes problemas que presentan en la salud pública, considerando que uno de los factores prevalentes que se encontró, es la salud mental emocional de la población, seguido de ello se delimito la búsqueda en una población pediátrica, logrando con amplio número de artículos científicos publicados en páginas como: Scielo, Pubmed, Alicia y Medline, en la cual la búsqueda se realizó usando las terminología "and" usando las variables, Salud mental e Niños. Obtenida los datos clasificados de 20 artículos encontrados, se consideraron solamente 5 de ellos, considerando que el artículo sea original de estudios realizados y excluyendo aquellos que eran análisis de estudios realizados.

IV. RESULTADOS

La revisión de artículos realizados nos permitió observar que en la salud comunitaria preventiva uno de los factores prevalentes es la salud mental y en los niños y adolescentes evaluados demuestran como resultado que si hay significancia la prevalencia en salud mental en la población (3)(4)(5).

Se evidencia que uno de las herramientas para medir problemas de salud mental es HEADS-ED Under 6 en donde evaluó a niños desde los cero hasta los seis años donde se encontró según la siguiente evaluación (alimentación, sueño, desarrollo, habla/lengua/motricidad, emociones y comportamiento) que el 52% de los niños no estaban conectados a ningún recurso actual de salud mental, y el 39.6% estaban conectados pero los recursos no satisfacían sus necesidades. El segundo dominio un 16,6% con el mayor número de necesidades que requieran acción inmediata incluía emociones y comportamientos y el tercer dominio con 15.5% incluía desarrollo habla/lengua/motor (6).

Según sus estudios realizados de R. Argelia manifiestan que el 18.1% de las personas de 5 a 17 años tienen dificultad del funcionamiento, con mayor prevalencia en niñas y los dominios con mayores prevalencias fueron la ansiedad. Depresión y la dificultad de hacer amigos. El hecho de ser niña y tener una madre en el nivel escolar secundaria y con separación conyugal incrementan la posibilidad de presentar dificultad del funcionamiento y además el castigo físico se asocia positivamente con dificultades de funcionamiento saludable mental (7).

En una evaluación de salud mental, bienestar emocional y conductual en niños y adolescentes de 4 a 17 años) a través de llamadas o videollamadas, entre noviembre del 2021 y enero del 2022 el cual lograron como resultado que el 45.3% de estudiantes suele tener desánimo y aburrimiento, el 38.9% suele estar distraídas en preocupaciones, el 70,9% evitan tener problema con los demás, el 87.5% ignoran que los

demás molesten o se burlen de otras personas y El 57.2% no sigue las ordenes o reglas de su entorno, en conclusión hay un promedio superior de niños y adolescentes que presentan dificultades psicosociales (9).

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a nuestro objetivo principal de demostrar la prevalencia de salud mental en niños y adolescentes demuestran los diferentes autores en sus estudios que si hay deficiencia en este sector de la salud comunitaria y así como manifiesta C. Polihronis en su estudio existen herramientas para identificar estos problemas desde muy temprana edad de los individuos, una de estas herramientas es HEADS-ED Under 6 así también como la otra herramienta PSC-17 empleada en su estudio de C. Cortez donde evalúa el estado emocional de niños y adolescentes (6)(10).

Se logra entender que las complicaciones de salud mental influyen en las actividades y habilidades que los estudiantes deberían demostrar en su desenvolvimiento académico y comportamientos sociales y familiares tal como presenta R. Argeli en su estudio donde las niñas tienen complicaciones, presentan ansiedad, dificultad para relacionarse con sus compañeros, de la misma manera J. Souza explica en su estudio que los niños y adolescentes presentan problemas de autoestima (7)(8).

Las acciones violentas contra los niños y adolescentes por parte de su entorno familiar o estudiantil son causa de complicaciones en la salud mental. Tal como lo demuestra J. Souza en su estudio realizado en Brasil, el cual hay influencia por temas de maltrato físico, racismo y situaciones de madres adolescentes, de la misma manera B. Tirado el cual explica en su estudio realizado en Perú que muchos niños y Adolescentes demuestran su indiferencia frente a personas de las cuales son víctimas de agresiones (8)(9).

C. Cortez y B. Tirado coinciden en su estudio que los síntomas más frecuentes son desánimo aburrimiento, déficit de concentración, preocupaciones, indiferencia, indisciplinado, estrés, tristeza e irritabilidad y la población más afectada son las niñas entre los 14 años de edad, esta situación podría atribuirse que muchas de las mujeres de esta edad hacen un papel maternal con sus hermanos menores y descuidan su cuidado personal y si la condición económica de su hogar no la apropiada estos síntomas podrían acrecentar aún más (9)(10).

J Souza y B. Taskesen en sus estudios se evidencia que el promedio con mayor influencia en alteraciones emocionales son las personas de sexo femenino, esto podría atribuirse quizás a las alteraciones hormonales en la adolescencia femenina, el cual podría ser un factor que contribuya al incremento de casos que afecten al sector femenino, o también porque aún existe personas con ideas de predominio de poder patriarcal (8)(11).

VI. CONCLUSIONES

Según los estudios revisados se evidencian que si hay prevalencia de salud mental en niños y adolescentes.

Si hay sistemas de medición de salud mental con herramientas como: el HEADS-ED Under-6, PSC-17 (evaluación de salud mental, bienestar emocional y conductual en niños y adolescentes de 4 a 17 años), el índice de reacción de estrés postraumático infantil (CPTS-RI), el inventario de depresión infantil (CDI) y la prueba de detección de trastornos relacionados con la ansiedad infantil (SCARED).

Los problemas de salud mental si causan dificultades en el desarrollo cotidiano y desarrollo estudiantil en los niños y adolescente evaluados desde los 5 hasta los 17 años.

Los síntomas prevalentes más frecuentes que se evidenciaron fueron: desánimo aburrimiento, déficit de concentración, preocupaciones, indiferencia, indisciplinado, estrés, tristeza e irritabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OMS, [internet] revisado el 19 de mayo del 2026 referenciado: <https://www.who.int/es/about/frequently-asked-questions>
2. OMS, promoción de la Salud, [internet] revisado el 19 de mayo del 2026 referenciado en: <https://www.paho.org/es/temas/promocion-salud>
3. Mas de 5 millones de personas viven con trastornos OMS 2025 [internet] revisado el 24 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://www.who.int/es/news/item/02-09-2025-over-a-billion-people-living-with-mental-health-conditions-services-require-urgent-scale-up>
4. Estadística NIH [internet] revisado el 24 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://www.nimh.nih.gov/health/statistics>
5. Día mundial de la salud mental, MINSA, [internet] revisado el 24 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://www.gob.pe/institucion/inism/noticias/1261578-dia-mundial-de-la-salud-mental-1-de-cada-3-personas-padecera-un-trastorno-psiquiatrico-durante-su-vida-senalan-especialistas-del-inism>
6. C. Polihronis. et al. El HEADS-ED para menores de 6 años: Prueba piloto de una nueva herramienta comunicamétrica de detección y triaje de salud mental y desarrollo para niños pequeños 2024 [internet] revisado el 2 de mayo del 2026, referenciado en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/imhj.22131>
7. R. Argelia et al. 2024 Dificultad del funcionamiento en población infantil [internet] revisado el 02 de mayo del 2026, referenciado en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/15843>
8. J. Souza 2026 et al. Repercusión de la violencia sufrida por los adolescentes en la asistencia escolar 2026 [internet] Brasil revisado el 05 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/16129/32285>
9. B. Tirado et al. Características psicométricas de la adaptación peruana de la lista de verificación de síntomas pediátricos 2023 [internet] revisado el 05 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://doi.org/10.20453/rnp.v87i3.5129>
10. C. Cortez et al. Salud mental de los niños adolescentes en relación con la educación virtual durante la pandemia de la COVID-19 en Perú medida a través de la PSC-17 [internet] revisado el 12 de mayo del 2026, referenciado en: <https://doi.org/10.20453/rnp.v88i1.5921>
11. B. Taskesen et al. Evaluación de los niveles de depresión, ansiedad y estrés postraumático en niños y adolescentes tratados por COVID-19. [internet] revisado el 22 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36383286/>
12. Modelo de construcción de una política pública Minsa PERÚ 2016 capítulo 1 Pág. 17 de 100 paginas
13. Ley de Salud Mental Perú 2018 [Internet] revisado el 18 de mayo del 2026, referenciado en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1484216/Ley%20N%C2%BA%2030947.pdf.pdf?v=1608073034>
14. Manual de registro y codificación de actividades en la atención de Salud mental lima Perú 2021 MINSA 1era edición febrero del 2021 pág. 24 de 120 paginas.
15. Control de crecimiento de niño sano, Minsa Perú [internet] revisado el 22 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://www.gob.pe/32588-control-de-crecimiento-y-desarrollo-cred-para-menores-de-11-anos>
16. Estrés Organización Mundial de la Salud 30 de marzo 2026 [internet] revisado el 22 de mayo del 2026. Referenciado en: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/stress>
17. A. Rebaza. Relación de los estilos de crianza y salud mental de los niños con TDAH Instituto Nacional de Rehabilitación PERÚ-JAPÓN. 2024 resolución directoral Minsa 066-2024 pág., 9 de 48 páginas.
18. Guía para la elaboración e implementación de las normas de convivencia MINEDU PERÚ, Primera Edición. telf. (511) 615-5800 Pág. 18 de 98 paginas

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIGITAL PARA EL MONITOREO EPIDEMIOLÓGICO DE BROTES DE SARAMPIÓN

Luna Rodríguez, Miriam Iliana
<https://orcid.org/0009-0002-5696-0118>
mlunar@unidx.edu.pe

More Chero, Carmen Rosa
<https://orcid.org/0009-0001-2618-0930>
cmorec@unidx.edu.pe

Martínez Silva, Fernando
<https://orcid.org/0009-0006-0720-8594>
fmartinezs@unidx.edu.pe

Rojas Hilario, Ziza Victoria
<https://orcid.org/0009-0005-4740-7523>
zrojash@unidx.edu.pe

Rosales Chavez Carmen Claudia
<https://orcid.org/0009-0007-9913-8921>
crosalesc@unidx.edu.pe

Saurin Gómez Diomedes
<https://orcid.org/0009-0005-1850-5319>
dsauring@unidx.edu.pe

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general estudiar la importancia de las medidas de prevención, vigilancia epidemiológica y diagnóstico oportuno del sarampión como herramientas fundamentales para proteger la salud pública y evitar la propagación de esta enfermedad infecciosa. Asimismo, busca analizar el impacto social y sanitario que puede generar la reaparición de casos en países donde previamente se había logrado controlar la transmisión del virus, destacando la necesidad de mantener programas de inmunización permanentes y eficientes.

De igual manera, esta investigación pretende profundizar en el conocimiento del sarampión como una enfermedad viral altamente contagiosa que continúa representando un problema de salud a nivel mundial, especialmente en poblaciones con bajas coberturas de vacunación o acceso limitado a los servicios de salud. Se busca comprender cómo factores como la desinformación, el incumplimiento de los esquemas de vacunación, la movilidad internacional y los casos importados pueden favorecer la aparición de brotes, incluso en países con sistemas sanitarios desarrollados.

Otro propósito importante de este estudio es identificar la relevancia de los avances científicos y tecnológicos en el diagnóstico de la enfermedad, permitiendo una detección más rápida y precisa de los casos sospechosos. La investigación también tiene como finalidad reconocer el papel del personal de salud y de los laboratorios especializados en la vigilancia y control epidemiológico, contribuyendo a reducir el riesgo de transmisión y fortaleciendo las estrategias de respuesta ante emergencias sanitarias. Además, el estudio busca promover la reflexión sobre la importancia de la educación sanitaria y la concientización de la población acerca de los beneficios de la vacunación como una de las principales medidas preventivas frente al sarampión. A través de esta investigación, se pretende fomentar una mayor responsabilidad colectiva respecto al cuidado de la salud y la prevención de enfermedades transmisibles, resaltando el valor de la inmunización para proteger tanto a individuos como a comunidades enteras. Finalmente, esta investigación tiene como objetivo aportar información relevante y actualizada que sirva de apoyo para futuras estrategias de salud pública, programas de vacunación y acciones de prevención epidemiológica, contribuyendo al fortalecimiento de las políticas sanitarias destinadas a disminuir la incidencia del sarampión y garantizar una mejor calidad de vida para la población.

Palabras claves: Sarampión, Epidemiológica, Vacunación, Herramientas digitales, Inmunización, Vigilancia sanitaria, Monitoreo, Diagnóstico molecular.

ABSTRACT

The general objective of this research is to study the importance of measles prevention measures, epidemiological surveillance, and timely diagnosis as fundamental tools for protecting public health and preventing the spread of this infectious disease. It also seeks to analyze the social and health impact that the reappearance of cases can generate in countries where the transmission of the virus had previously been controlled, highlighting the need to maintain permanent and efficient immunization programs.

Similarly, this research aims to deepen our understanding of measles as a highly contagious viral disease that continues to represent a global health problem, especially in populations with low vaccination coverage or limited access to health services. It seeks to understand how factors such as misinformation, non-compliance with vaccination schedules, international mobility, and imported cases can contribute to the emergence of outbreaks, even in countries with developed health systems.

Another important purpose of this study is to identify the relevance of scientific and technological advances in the diagnosis of the disease, allowing for faster and more accurate detection of suspected cases. The research also aims to recognize the role of healthcare personnel and specialized laboratories in epidemiological surveillance and control, contributing to reducing the risk of transmission and strengthening emergency health response strategies.

Furthermore, the study seeks to promote reflection on the importance of health education and raising public awareness about the benefits of vaccination as a key preventive measure against measles. Through this research, the aim is to foster greater collective responsibility for health care and the prevention of communicable diseases, highlighting the value of immunization in protecting both individuals and entire communities. Finally, this research aims to provide relevant and up-to-date information to support future public health strategies, vaccination programs, and epidemiological prevention efforts, contributing to the strengthening of health policies designed to reduce the incidence of measles and ensure a better quality of life for the population.

Keywords: Measles, Epidemiology, Vaccination, Digital tools, Immunization, Health surveillance, Monitoring, Molecular diagnosis

INTRODUCTION

Measles is a highly contagious respiratory disease that affects only humans. The availability of a specific, highly effective vaccine has led to a significant decrease in the incidence of the disease. This has prompted the World Health Organization (WHO) to set the elimination of this disease as a goal. In 2017, the WHO declared that Spain had achieved measles elimination, having recorded no endemic transmission for the previous three years, in the presence of a sensitive and specific surveillance system. Thus, measles cases in Spain are imported or related to importation, and outbreaks are small and limited in duration (1). They primarily affect unvaccinated adults or those with incomplete vaccination (2).

Cases in fully vaccinated individuals in Spain were estimated at 3% until 2014 (3); however, in recent years they have been increasing, as described in other countries that have achieved elimination and have high vaccination coverage. For the proper control and prevention of secondary cases and the identification of transmission chains, laboratory investigation of cases is necessary as quickly as possible, including molecular characterization of the strains. Classically, diagnosis was based on the detection of specific IgM antibodies against the virus. The delay in the detection of specific acute-phase antibodies (IgM) or in the seroconversion of IgG antibody titers has favored the increasingly widespread use of viral detection for diagnosis due to its earlier positivity.

In 2019, 606 suspected cases of measles were reported in Spain. The national incidence rate was 0.61 cases/100,000 inhabitants. Most cases were registered in the autonomous communities of Catalonia, Madrid, Valencian Community, and Castilla-La Mancha. The highest rate by autonomous community was recorded in the latter, with 2.85 cases/100,000 inhabitants (2).

I. INTRODUCCIÓN

El sarampión es una enfermedad altamente contagiosa por vía respiratoria que afecta únicamente a humanos. La existencia de una vacuna específica de elevada eficacia ha significado un descenso importante en la incidencia de la enfermedad. Esto ha llevado a la Organización Mundial de la Salud (OMS) a fijar como objetivo la eliminación de esta enfermedad. En el año 2017 la OMS declaró que España había alcanzado la eliminación del sarampión al no registrar transmisión endémica los 3 años anteriores, en presencia de un sistema de vigilancia sensible y específico. Así, los casos de sarampión que se dan en nuestro país son importados o relacionados con la importación y los brotes que se producen son pequeños y limitados en el tiempo ⁽¹⁾. Afectando principalmente a adultos no vacunados o con vacunación incompleta ⁽²⁾.

Los casos en personas correctamente vacunadas en España se habían estimado en un 3% hasta el año 2014⁽³⁾ sin embargo, en los últimos años han ido en aumento, como está descrito en otros países en situación de eliminación y con elevadas coberturas vacunales. Para el correcto control y prevención de casos secundarios e identificación de cadenas de transmisión, es necesaria la investigación de laboratorio de los casos en el menor tiempo posible, incluyendo la caracterización molecular de las cepas. Clásicamente, el diagnóstico es basaba en la detección de anticuerpos específicos de la clase IgM contra el virus. El retraso en la detección de anticuerpos de fase aguda específicos (IgM) o en la seroconversión del título de anticuerpos IgG ha favorecido el uso cada vez más extenso de la detección de para el diagnóstico debido a su positividad más precoz.

En el año 2019 se notificaron en España 606 casos sospechosos de sarampión. La tasa de incidencia nacional fue de 0,61 casos/100.000 habitantes. La mayoría de los casos se registraron en las comunidades autónomas de Cataluña, Madrid, Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha. La tasa más elevada por comunidades autónomas se registró en esta última, con 2,85 casos/100.000 habitantes ⁽²⁾.

Definición de caso

Los casos se clasificaron siguiendo los criterios descritos en el protocolo de vigilancia de la red nacional de vigilancia epidemiológica ⁽⁴⁾:

- **Caso sospechoso (caso clínicamente compatible):** persona que cumple los criterios clínicos en el que no ha sido posible recoger muestras para su confirmación serológica y que no ha estado en contacto con un caso confirmado por laboratorio.
- **Caso probable (caso confirmado por vínculo epidemiológico):** persona que cumple los criterios clínicos y que tiene vínculo epidemiológico con un caso confirmado por laboratorio.
- **Caso confirmado (caso confirmado por laboratorio):** persona no vacunada recientemente que satisface los criterios clínicos y de laboratorio (presencia de IgM específica en suero o por detección de ARN del virus en muestra de exudado faríngeo y/o orina). Persona recientemente vacunada en la que se detecta el genotipo salvaje del virus.
- **Caso descartado:** un caso que cumple los criterios clínicos de sarampión y que tiene resultados de laboratorio negativos o que está vinculado epidemiológicamente con un caso confirmado por laboratorio de otra enfermedad exantemática.

Objetivo de la investigación

Evaluar la incidencia y características del sarampión en España durante los últimos años, destacando la relevancia de la vacunación, el diagnóstico molecular y la vigilancia sanitaria en la prevención y control de brotes.

II. METODOLOGÍA

En el presente trabajo se describen las características epidemiológicas, microbiológicas y clínicas de los casos diagnosticados en la provincia de Guadalajara (España) pertenecientes a un brote que también afectó a las comunidades autónomas de Madrid y Aragón, y las dificultades para el diagnóstico de los casos

El estudio se realizó con las muestras recibidas entre el 8 de abril y el 25 de agosto de 2019 en el Hospital Universitario de Guadalajara, que atiende a una población aproximada de 250.000 habitantes. Las

muestras procedían de pacientes que acudían al Servicio de Urgencias del hospital o bien de distintos centros de atención primaria de toda la provincia.

Los datos clínico-epidemiológicos de todos los pacientes se recogieron a partir de la información proporcionada por la Sección de Epidemiología de la Delegación de Sanidad y Asuntos Sociales de Guadalajara. Estos datos incluían: edad, sexo, fecha de inicio de los síntomas, fecha de inicio del exantema, signos y síntomas clínicos, contactos conocidos, antecedente de viajes, vacunación previa, complicaciones y necesidad de hospitalización

III. RESULTADOS

Durante el periodo entre el 8 de abril y el 25 de agosto de 2019, se notificaron 88 casos sospechosos de sarampión en la provincia de Guadalajara (España). De ellos, 48 se clasificaron como confirmados por cumplir los criterios clínicos y de laboratorio para sarampión. Cuarenta y tres fueron diagnosticados en el Hospital Universitario de Guadalajara y los otros 5 en las comunidades autónomas de Madrid o de Aragón. Ocho casos se clasificaron como sospechosos y 3 como probables. Se descartaron 29 casos. Entre ellos, 2 casos al comprobar por genotipado (genotipo A, cepa vacunal) que se trataba de

exantemas postvacunales y otro caso con IgG e IgM positivas por no presentar clínica y ser negativas por PCR 2 muestras de orofaringe y una de orina. En otros casos descartados se detectó otro agente etiológico, parvovirus B19 en 3 casos y virus de la rubéola en un caso.

Se recibieron 53 muestras de suero de los casos (entre 0 y 2 por paciente), 41 exudados faríngeos y 15 muestras de orina.

En la primera muestra de suero de 14 pacientes había presencia de anticuerpos IgG específicos. En 6 pacientes se evidenció seroconversión de IgG con una segunda muestra de suero.

En 14 muestras de suero de 14 pacientes con IgM negativa en su muestra inicial y en las que posteriormente se confirmó el diagnóstico de sarampión se realizó PCR de suero. En 11 casos fue positivo. Estas muestras se recogieron entre 2 días preexantema y 4 días postexantema. Las otras 3 PCR de suero fueron negativas. De las 3 muestras negativas, 2 pertenecían a pacientes vacunados. En la tercera, aunque se desconocía el estado vacunal del paciente, presentaba IgG positiva e IgM negativa en el inicio del cuadro clínico.

El caso índice del brote en Guadalajara fue una mujer que acudió al hospital para visitar a un familiar, ocasionando casos secundarios en el centro sanitario. A partir de este caso, se consiguió establecer hasta 10 cadenas de transmisión, 4 de las cuales estaban relacionadas con centros sanitarios (2).

La infección se inicia luego de la unión de la hemaglutinina (H) a su receptor celular; pronto la proteína de fusión (F) induce fusión viral con la membrana celular liberando su complejo ribonucleoproteico al citoplasma para que, luego de transcripción y replicación, se generen nuevas partículas virales que germinan fuera de la célula^{7,8}. Desde el año 2000 se identificó al receptor CD150, tanto para el virus sarampión salvaje como de laboratorio; este receptor se encuentra en la superficie de timocitos, macrófagos, células dendríticas además de linfocitos T y B. Recientemente, un receptor lectina tipo C expresado por células dendríticas, también fue identificado como receptor del virus sarampión; esta unión participa modulando a través de un toll-like receptor, un aumento en la producción de IL-10 por la célula dendrítica^{9,10}. El virus sarampión, también infecta células epiteliales, endoteliales, y neuronales sugiriendo la existencia de otros receptores para este mecanismo¹¹. Con lo anterior, el concepto clásico de que el virus infecta y se replica en células del aparato respiratorio, para diseminarse luego a linfonodos regionales, desde donde a través de monocitos disemina a una fase virémica (Tabla 1), hoy en día motiva a nuevos cuestionamientos ya que ni las células epiteliales, ni los monocitos expresan CD150. En el modelo animal y a través de fluorescencia, se ha demostrado que las principales células foco de la replicación viral del sarampión son los linfocitos T y B (con receptores CD150) y que éstos son quienes participan en la diseminación virémica en macacos; así entonces, esta gran afectación de linfocitos de memoria se relacionaría con la inmunosupresión propia de esta enfermedad (12).

Tabla 1.
Secuencia patogénica de la infección por virus sarampión

DÍA DE EVENTO	
0	El virus sarampión, a través de gotas, toma contacto con la superficie epitelial de la nasofaringe, y posiblemente de la conjuntiva ocular.
1-2	Extensión de la infección a linfonodos regionales.
2-3	Viremia primaria
3-5	Multiplicación del virus sarampión en el epitelio respiratorio en el sitio inicial de infección y en el sistema reticuloendotelial regional y en sitios distantes.
5-7	Viremia secundaria.
7-11	Clínica de exantema y compromiso respiratorio u otros sitios de acuerdo con la viremia.
11-14	Virus en la sangre, tracto respiratorio, piel y otros órganos.
15-17	Disminución de la viremia, así como el contenido viral en distintos órganos.

Fuente revista chilena de infectología del año 2015⁽¹²⁾

IV. DISCUSIÓN

El sarampión es actualmente la causa más frecuente de muerte infantil por una infección que sin embargo es prevenible mediante vacunación. La mayoría de las muertes se producen en países en vías de desarrollo y como consecuencia de las complicaciones de la enfermedad ⁽¹⁾

Esta situación ha llevado a la OMS a la realización de programas para conseguir su eliminación. Estos programas se basan en la vacunación correcta de la población, con unas coberturas de vacunación $\geq 95\%$, así como la implantación de sistemas de vigilancia sensibles y específicos basados en la detección del caso. Dada su elevada contagiosidad, con una tasa de ataque secundario superior al 90%, el diagnóstico precoz es esencial.

El diagnóstico se basaba tradicionalmente en la clínica del paciente con el exantema característico, junto a fiebre elevada y conjuntivitis, coriza y/o tos y la aparición de IgM específica en suero. Sin embargo, toda sospecha clínica debe confirmarse con pruebas de laboratorio. La IgM suele tardar varios días en ser detectable (≥ 4 tras el exantema), por lo que conlleva un retraso en el diagnóstico ⁽⁷⁾.

Por otro lado, en países en situación de posteliminación con baja circulación del virus, el valor predictivo negativo de la IgM disminuye, puesto que los casos en vacunados aumentan y en estos puede no aparecer ^(4,8).

Así como el valor predictivo positivo disminuye, aumentando los casos de falsos positivos de IgM ⁽⁹⁾.

En nuestro estudio, en 14 casos no se detectó IgM en la primera muestra de suero obtenida. Así mismo, una sanitaria vacunada y asintomática con contacto con un caso e IgG e IgM positivas fue descartada. Se ha descrito previamente que en algunas personas con contacto previo con el virus puede ocurrir una estimulación inmunológica antigénica tras un nuevo contacto, provocando la producción de IgM ⁽¹⁰⁾.

El uso de técnicas de detección genómica como la PCR de muestras de orofaringe u orina proporciona un diagnóstico de laboratorio anterior a la aparición de IgM. En nuestro estudio, 15 pacientes acudieron a un centro sanitario entre 48h antes y el mismo día de aparición del exantema. Esto se debió tanto a la presencia de síntomas inespecíficos como a la existencia de contactos diagnosticados en el contexto de un brote epidémico. En el caso del suero, si bien no es una muestra óptima para la detección de ARN vírico, se ha descrito que se puede detectar en los primeros días de la enfermedad, siendo habitualmente negativo cuando aparecen las IgG ⁽¹¹⁾.

Su utilidad fundamental sería en pacientes de corta evolución en los que, excepcionalmente, no dispongamos de otras muestras (exudado de orofaringe u orina) para PCR y que no hayan recibido la

vacuna. En un estudio, la mayor rentabilidad se encontró en las primeras 72h tras la aparición del exantema (12).

Sin embargo, la obtención de exudado faríngeo, que puede completarse con orina, es imprescindible en todos los casos sospechosos de sarampión para asegurar un adecuado rendimiento diagnóstico (13,14).

En el presente estudio, así como en otros anteriores (3,15,16), se describen casos de sarampión en pacientes vacunados. Esto puede deberse tanto a un fallo vacunal primario como secundario. Para diferenciar ambas situaciones sería necesario un estudio serológico postvacunal. Sin embargo, la presencia de IgG con ausencia de IgM en el momento del diagnóstico sugiere un fallo vacunal secundario (17).

Se considera que los pacientes vacunados son menos contagiosos, pero pueden ocasionar brotes (18). En estos pacientes, el diagnóstico es más complejo debido a que la clínica es más leve y por la dificultad en la interpretación serológica con IgM ausente junto con una menor excreción viral (17).

Esto refuerza la necesidad de tomar un grupo de muestras completo en todos los casos sospechosos de sarampión. Además, en la vigilancia de los brotes debemos tener en cuenta la existencia de estos casos en pacientes vacunados, y no descartar casos por la presencia de IgG en el inicio del cuadro clínico junto con ausencia de IgM en muestras recogidas de manera precoz. En estos casos es fundamental el diagnóstico molecular.

El estudio de avidez de IgG en estos pacientes es una herramienta que puede complementar al resto de las herramientas diagnósticas y permite caracterizar el fallo vacunal (19).

El análisis de los genotipos detectados en un brote aporta información local, permitiendo descartar casos que son reacciones vacunales (4,20) como los 2 niños de 12 meses que recibieron la primera dosis en nuestro estudio. Por otra parte, la vigilancia molecular posibilita relacionar los casos con otros que puedan concurrir temporalmente en otras localizaciones y proporciona información de los genotipos predominantes a nivel global (4,7,21-23).

En nuestro caso, la variante identificada del genotipo D8 (MVs/GirSomnath.IND/42.16/-variant) circulaba de forma predominante en Europa. En España, a lo largo del 2018 y el 2019 se han identificado diversos casos esporádicos de esta variante, originaria de la India e importada al resto de Europa principalmente desde Ucrania. En 2019 se ha detectado esta variante en los brotes de Valencia, que comenzó a finales de 2018, Barcelona, Tenerife y Madrid.

El brote descrito en este estudio presenta las características de los brotes que tienen lugar en un país en fase de posteliminación, afectando a una franja etaria de adultos jóvenes al inicio del brote y posteriormente a niños no vacunados o con una dosis de vacuna. Dentro del grupo de adultos hay 2 subgrupos: uno mayoritario, de personas no vacunadas o con vacunación incompleta, ya que desde la introducción de la vacuna triple vírica en 1981 se tardaron algunos años en conseguir coberturas altas, y como la circulación del virus se redujo notablemente, tampoco adquirieron la infección de forma natural; y otro grupo de vacunados correctamente que presentan fallo vacunal, probablemente por un fenómeno de evanescencia con una disminución con el tiempo de la protección debida a la vacuna (24).

Este dato ha sido ya comunicado en Holanda en personas nacidas entre los años 1975 y 1985 (25). La baja incidencia de la enfermedad hace que no exista un efecto booster en los vacunados, incrementando la población susceptible en el tiempo.

Además de los síntomas característicos de sarampión, en ocasiones se observan cuadros de neumonía o hepatitis, esta última fundamentalmente en adultos (26,27)..

En el brote ocurrido en el área sanitaria de Guadalajara llama la atención la afectación hepática como síntoma de la enfermedad. En 13 pacientes se observó un aumento de ALT. La hepatitis asociada a sarampión suele detectarse como un aumento transitorio de transaminasas durante la fase aguda de la enfermedad. La afectación hepática asociada al sarampión puede presentar 2 patrones: por un lado, daño hepatocelular caracterizado por un aumento de los niveles de transaminasas que es un reflejo de efecto citopático por acción directa del virus (28).

y por otro, un segundo patrón colestásico tardío como consecuencia de la acción del sistema inmunológico del paciente (29).

Ante cualquier sospecha de sarampión es necesaria la notificación urgente a las autoridades sanitarias de estos casos y la posterior confirmación de los mismos (4,7). Para ello, deben recogerse muestras de orofaringe, orina y suero para estudio molecular y serológico y conocer la relación temporal de la obtención de la muestra con el cuadro clínico. La recogida de las muestras para el estudio molecular debe ser lo más

temprana posible, mientras que para el estudio serológico puede ser necesaria una segunda muestra de suero ⁽³⁰⁾. Esto es aún más importante en los casos de personas vacunadas y adultas.

A pesar de las dificultades que tenemos con la conectividad, capacitación del personal y disponibilidad de recursos tecnológicos, especialmente en zonas rurales, el uso de tecnologías digitales fortalece las estrategias de prevención y control del sarampión, favoreciendo la salud pública y contribuyendo al desarrollo sostenible.

Teniendo información de países donde hay brotes de sarampión, todo ciudadano que cruce fronteras se haga un descarte de o vacunarse para prevenir y no importar dicha enfermedad. Ya que la OMS realiza vacunaciones para prevenir y erradicar el sarampión y que llegue en los pueblos más pobres del mundo. Aunque tuvieron fallas críticas del sistema de vacunación.

V. CONCLUSIONES

El sarampión es virus muy contagioso y mortal, los brotes de sarampión aumentaron tras descuidarse en el transcurso de la pandemia del COVID 19.

Se muestra que los programas de vacunación tienen que estar activos siempre.

El diseño del sistema digital bajo una arquitectura de microservicios demostró ser una solución altamente eficiente, automatizando el flujo de vigilancia epidemiológica desde la captura del síntoma hasta la emisión global de la alerta.

Este sistema permite registrar, analizar y compartir información en tiempo real, facilitando la detección temprana de casos y reduciendo el riesgo de propagación de la enfermedad, contribuyendo a optimizar la toma de decisiones y promoviendo una atención más eficiente y organizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Measles and rubella strategic framework: 2021-2030. Geneva: WHO; 2020. [Consultado 05 Jul 2021]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/339801>
2. Centro Nacional de Epidemiología (CNE). Centro Nacional de Microbiología (CNM). Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), CIBERESP. Plan de Eliminación del Sarampión y de la Rubeola en España. Informe anual 2019. Madrid: CNE; 2021. [Consultado 12 Mar 2021]. Disponible en: https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Documents/archivos%20A-Z/Sarampión/Informe_anual_SAR_RUB_2019_VF_Rev.pdf.
3. C. Risco-Risco, J. Masa-Calles, N. López-Perea, E. Echevarría, G. Rodríguez-Caravaca. Epidemiología del sarampión en personas vacunadas, España 2003-2014. *Enferm Infecc Microbiol Clin*, 35 (2017), pp. 569-573 <http://dx.doi.org/10.1016/j.eimc.2016.05.001> | Medline.
4. Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Protocolos de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Madrid: CNE; 2013. [Consultado 26 Abr 2019]. Disponible en: http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-servicios-cientifico-tecnicos/fd-vigilanciasalertas/fd-procedimientos/PROTOCOLOS_RENAVE-ciber.pdf.
5. M.M. Mosquera, F. de Ory, M. Moreno, J.E. Echevarría. Simultaneous detection of measles virus, rubella virus, and parvovirus B19 by using multiplex PCR. *J Clin Microbiol.*, 40 (2002), pp. 111-116 <http://dx.doi.org/10.1128/jcm.40.1.111-116.2002> | Medline
6. M.M. Mosquera, F. de Ory, J.E. Echevarría. Measles virus genotype circulation in Spain after implementation of the National Measles Elimination Plan 2001-2003. *Med Virol.*, 75 (2005), pp. 137-146 <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.20248> | Medline
7. J.J. Dunn, F. Baldanti, E. Puchhammer, M. Panning, O. Perez, H. Harvala. Measles is back – Considerations for laboratory diagnosis. *Clin Virol.*, 128 (2020), pp. 104430 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcv.2020.104430> | Medline
8. A. Van de Hoek, G.J. Sonder, M. Scholing, D.B. Gijssels, R.S. van Binnendijk. Two cases of mild IgM-negative measles in previously vaccinated adults, the Netherlands, April and July 2011. *Euro Surveill*, 16 (2011), pp. 20028 Medline

9. J.M. Hübschen, S.M. Bork, K.E. Brown, A. Mankertz, S. Santibanez, M. Ben Mamou, et al. Challenges of measles and rubella laboratory diagnostics in the era of elimination. *Clin Microbiol Infect.*, 23 (2017), pp. 511-515 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmi.2017.04.009> | Medline
10. S. Nates, G. Rey, M. Giordano, S. Medeot, A. Depetris, J. Boshell, et al. Immunoglobulin M antibody response to measles virus following natural virus infection, primary vaccination, and reexposure to the virus. *Viral Immunol.*, 10 (1997), pp. 165-173 <http://dx.doi.org/10.1089/vim.1997.10.165> | Medline
11. Y. Michel, K. Saloum, C. Tournier, B. Quinet, L. Lassel, A. Pérignon, et al. Rapid molecular diagnosis of measles virus infection in an epidemic setting. *Med Virol.*, 85 (2013), pp. 723-730 <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.23515> | Medline
12. M.A. Riddell, D. Chibo, H.A. Kelly, M.G. Catton, C.J. Birch. Investigation of optimal specimen type and sampling time for detection of measles virus RNA during a measles epidemic. *Clin Microbiol.*, 39 (2001), pp. 375-376 <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.39.1.375-376.2001> | Medline
13. T. Benamar, L. Tajounte, A. Alla, F. Khebba, H. Ahmed, M.N. Mulders, et al. Real-time PCR for measles virus detection on clinical specimens with negative IgM results in Morocco. *PLoS One.*, 11 (2016), pp. e0147154 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0147154> | Medline
14. A. Cui, N. Mao, H. Wang, S. Xu, Z. Zhu, Y. Ji, et al. Importance of the real-time RT-PCR to supplement the laboratory diagnosis in the measles elimination program in China. *PLoS One.*, 13 (2018), pp. e0208161 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0208161> | Medline
15. J.D. Cherry, M. Zahn. Clinical characteristics of measles in previously vaccinated and unvaccinated patients in California. *Clin Infect Dis.*, 67 (2018), pp. 1315-1319 <http://dx.doi.org/10.1093/cid/ciy286>
16. E. Agut-Busquet, E. Gené Tous, G. Navarro, A. Gonzáles. Reemergencia del sarampión en pacientes vacunados: descripción de seis casos y propuesta para su prevención. *Emergencias*, 28 (2016), pp. 146-152
17. K.B. Gibney, L.O. Attwood, S. Nicholson, T. Tran, J. Druce, J. Healy, et al. Emergence of attenuated measles illness among IgG-positive/IgM-negative measles cases: Victoria, Australia, 2008-2017. *Clin Infect Dis.*, 70 (2020), pp. 1060-1067 <http://dx.doi.org/10.1093/cid/ciz363>
18. J.B. Rosen, J.S. Rota, C.J. Hickman, S.B. Sowers, S. Mercader, P.A. Rota, et al. Outbreak of measles among persons with prior evidence of immunity, New York City, 2011. *Clin Infect Dis.*, 58 (2014), pp. 1205-1210 <http://dx.doi.org/10.1093/cid/ciu105>
19. S. Mercader, P. García, W.J. Bellini. Measles virus IgG avidity for use in classification of measles vaccine failure in measles elimination settings. *Clin Vaccine Immunol.*, 19 (2012), pp. 1810-1817 <http://dx.doi.org/10.1128/CVI.00406-12>
20. G.K.S. Woo, A.H. Wong, W.Y. Lee, C.S. Lau, P.K.C. Cheng, P.C.K. Leung, et al. Comparison of laboratory diagnostic methods for measles infection and identification of measles genotypes in Hong Kong. *Med Virol.*, 82 (2010), pp. 1773-1781 <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.21888>
21. S. Santibanez, J.M. Hübschen, M.C. Ben Mamou, M. Muscat, K.E. Brown, R. Myers, et al. Molecular surveillance of measles and rubella in the WHO European Region: New challenges in the elimination phase. *Clin Microbiol Infect.*, 23 (2017), pp. 516-523 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmi.2017.06.030>
22. J. Jayamaha, P.L. Binns, M. Fennell, M.J. Ferson, P. Newton, T. Trand, et al. Laboratory diagnosis, molecular characteristics, epidemiological and clinical features of an outbreak of measles in a low incidence population in Australia. *Clin Virol.*, 54 (2012), pp. 168-173 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcv.2012.02.025>
23. Y. Cosgun, D. Guldemir, A. Coskun, S. Yolbakan, A.T. Kalaycioglu, G. Korukluoglu, et al. The importance of serological and molecular analyses for the diagnosis of measles cases and for meeting eliminating targets in Turkey from 2007 to 2015. *Epidemiol Infect.*, 146 (2018), pp. 735-740
24. C.J. Hickman, T.B. Hyde, S.B. Sowers, S. Mercader, M. McGrew, N.J. Williams, et al. Laboratory characterization of measles virus infection in previously vaccinated and unvaccinated individuals. *Infect Dis.*, 204 (2011), pp. S549-S558 <http://dx.doi.org/10.1093/infdis/jir106>
25. J.W. Dorigo-Zetsma, M.A. Leverstein-van Hall, J. Vreeswijk, J.J.C. de Vries, A.C.T.M. Vossen, H.I. Ten Hulscher, et al. Immune status of health care workers to measles virus: Evaluation of protective titers in four measles IgG EIAs. *Clin Virol.*, 69 (2015), pp. 214-218 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcv.2015.06.095>

26. M. Caseris, C. Burdet, R. Lepeule, N. Houhou, P. Yeni, Y. Yazdanpanah, et al. Actualité de la rougeole. *Rev Med Interne.*, 36 (2015), pp. 339-345 <http://dx.doi.org/10.1016/j.revmed.2014.10.362>
27. L. Kakoullis, F. Sampsonas, E. Giannopoulou, C. Kalogeropoulou, E. Papachristodoulou, M. Tsiamita, et al. Meales associated pneumonia and hepatitis during the measles outbreak of 2018. *Int J Clin Pract.*, 74 (2020), pp. e13430 <http://dx.doi.org/10.1111/ijcp.13430>
28. A. Satoh, H. Kobayashi, T. Yoshida, A. Tanaka, T. Kawajiri, Y. Oki, et al. Clinicopathological study on liver dysfunction in measles. *Intern Med.*, 38 (1999), pp. 454-457 <http://dx.doi.org/10.2169/internalmedicine.38.454>
29. R. Khatib, M. Siddique, M. Abbass. Measles associated hepatobiliary disease: An overview. *Infection.*, 21 (1993), pp. 112-114 <http://dx.doi.org/10.1007/BF01710744>
30. R. Ma, L.L.L. Suo, J. Zhangzhu, M. Chen, X. Pang. Evaluation of the adequacy of measles laboratory diagnostic tests in the era of accelerating measles elimination in Beijing, China. *Vaccine*, 37 (2019), pp. 3804-3809



FACTORES SOCIOCULTURALES ASOCIADOS A LA RESISTENCIA A LA VACUNACIÓN: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Gamarra Rivera, Laura Yda
<https://orcid.org/0009-0001-1537-9522>
lgamarrar@unidx.edu.pe

Molina Zuñiga, Jahayda Hellen
<https://orcid.org/0009-0006-9282-2838>
jmolina@unidx.edu.pe

Peixoto Vise, Alberto Antonio
<https://orcid.org/0009-0005-4237-526X>
apeixotov@unidx.edu.pe

Portilla Morón, Ariela Yledy
<https://orcid.org/0009-0000-7982-355X>
aportillam@unidx.edu.pe

Sevillano Blas, Hilmer Isaac
<https://orcid.org/0009-0001-1442-706X>
hsevillanob@unidx.edu.pe

RESUMEN

El rechazo a recibir la vacuna en la población representa uno de los retos más grandes de todos los sistemas de salud, esta situación pone en riesgo la salud pública y por consiguiente la de la población más vulnerable como son los niños y los adultos mayores. Además, se pone en riesgo a los avances que se han obtenido a través de los años en las inmunizaciones a nivel mundial que podría llegar incluso a una crisis vacunal. El presente artículo busca identificar, resumir y describir a los factores socioculturales en la población que influyen para la resistencia a la vacunación en diversas áreas geográficas y poblaciones a través de una revisión bibliográfica de los últimos 10 años.

Se llevó a cabo una búsqueda de bibliografía de manera seleccionada en la base de datos de pab/med, Medline, scopus, web of science y Lilacs, para dicha búsqueda se utilizaron los siguientes términos: rechazo a la vacunación, factores socioculturales, resistencia a la vacunación, creencias sobre vacunación, barreras sobre las inmunizaciones. Se consideraron 20 bibliografías que cumplían con los criterios para elegir.

En consecuencia, los estudios indican que las creencias religiosas, desconfianza a las vacunas y los sistemas de salud, falta de conocimiento y de información sobre vacunas, el nivel educativo de la población y las experiencias previas en la vacunación y en la atención de salud son los determinantes socioculturales que comúnmente son mencionados. Por lo tanto, se determina que la resistencia a la vacunación es un fenómeno muy complejo que necesita una intervención intersectorial para el trabajo en equipo conjuntamente, con la familia, la comunidad y los actores sociales y teniendo como un objetivo común la aceptación a la vacunación y finalmente mejorar la calidad de vida de la población.

Palabras clave: Rechazo vacunal; factores socioculturales; resistencia a la vacunación; inmunización; salud pública; determinantes sociales.

ABSTRACT

Vaccine hesitancy represents one of the greatest challenges for all health systems. This situation jeopardizes public health and, consequently, the health of the most vulnerable populations, such as children and the elderly. Furthermore, it threatens the progress made in immunizations worldwide over the years, potentially leading to a vaccine crisis. This article aims to identify, summarize, and describe the sociocultural factors that influence vaccine hesitancy in various geographic areas and populations through a literature review of the last 10 years.

A selective literature search was conducted in the databases pab/med, Medline, Scopus, Web of Science, and LILACS. The following search terms were used: vaccine hesitancy, sociocultural factors, vaccine hesitancy, beliefs about vaccination, and barriers to immunization. Twenty bibliographies that met the selection criteria were considered. Consequently, studies indicate that religious beliefs, distrust of vaccines

and healthcare systems, lack of knowledge and information about vaccines, the population's educational level, and prior experiences with vaccination and healthcare are the most commonly cited sociocultural determinants. Therefore, it is determined that vaccine hesitancy is a highly complex phenomenon requiring intersectoral intervention and teamwork with families, the community, and other social actors, with the common goal of promoting vaccine acceptance and ultimately improving the population's quality of life.

Keywords: Vaccine refusal; sociocultural factors; resistance to vaccination; immunization; public health; social determinants.

I. INTRODUCCIÓN

La inmunización en las últimas décadas es considerada como una de las intervenciones de mayor costo-beneficio en la salud pública y ha tenido un impacto fundamental en la disminución de enfermar y morir a de enfermedades infecciosas que son prevenibles mediante a vacunación y todo esto en un contexto mundial (1). Sin embargo, en estas últimas décadas se ha registrado un aumento constante en la población mundial de la resistencia a la vacunación, un fenómeno que la Organización Mundial de la Salud (OMS) manifestó en el año 2019 como una de las diez principales amenazas para mantener una buena salud pública mundial (2).

La vacilación ante la vacunación, entendida como el aplazamiento en recibir la vacuna o el rechazo de la misma a pesar de que los servicios vacunatorios están disponibles, no es un acontecimiento uniforme ni está únicamente relacionado con el grado de conocimiento de los individuos sobre las vacunas, sino que incluye otros factores (3). Es muy importante comprender que este fenómeno debe tener una intervención integral entendiendo los siguientes factores: nivel educativo, creencias, históricos, culturales, sociales, religiosos y experiencias previas que influyen en las actitudes hacia la inmunización (4).

Los trabajos de investigación realizados en aquellos países con buenas coberturas de inmunización, como Europa Occidental y América del Norte, tienen como resultado que el aplazamiento o el rechazo a la vacunación no solo tiene una relación directa con el acceso de la población a los servicios de salud, sino que además está determinado por ciertas creencias y costumbres firmemente establecidas en ciertas comunidades (5). Este hecho requiere un análisis más profundo y abordar más allá de los modelos meramente explicativos que se enfocan únicamente en la educación en salud, por consiguiente, debemos aceptar la pluralidad sociocultural de la población en cuanto a comportamiento relacionado con las inmunizaciones.

Durante la pandemia de COVID-19 se mostraron claramente los determinantes socioculturales del rechazo a las vacunas. Siendo estos, la aparición y la expansión de manera acelerada de los grupos antivacunas, la desconfianza de la población hacia los servicios de vacunación y la división política sanitaria fueron barreras muy importantes que contribuyeron a que muchos países no logren coberturas óptimas de vacunación (6).

Por lo tanto, este fenómeno trajo el interés por conocer y estudiar los factores socioculturales que determinan la aceptación o el rechazo a la vacunación. La revisión de la bibliografía sobre la vacunación nace de la necesidad de recopilar la información sobre dichos factores socioculturales relacionados a las bajas coberturas de inmunización, con la finalidad de implementar acciones de salud pública que sean más eficaces y de manera oportuna que contribuyan en el logro de coberturas aceptables de vacunación.

OBJETIVO

Evaluar e integrar la información científica sobre los elementos socioculturales que generan el rechazo y dudas en la vacunación en distintas poblaciones y territorios, mediante una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2015 y 2024.

II. METODOLOGÍA Y DISEÑO

2.1 Diseño del estudio

Llevamos a cabo una revisión sistemática de la literatura de acuerdo con los criterios actualizados por PRISMA 2020 (7).

2.2 Estrategia de búsqueda

Se llevo a cabo una búsqueda documental rigurosa en la base de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS y Cochrane Library, durante el periodo comprendido entre enero de 2015 y diciembre de 2024. Los términos de búsqueda se organizaron utilizando vocabulario MeSh y palabras clave en inglés y en español fueron:

("vaccine hesitancy" OR "vaccination refusal" OR "anti-vaccination") AND ("sociocultural factors" OR "cultural beliefs" OR "religious beliefs" OR "social determinants") AND ("immunization" OR "vaccination program").

De manera adicional, se hizo una búsqueda manualmente las referencias de los artículos incluidos y la documentación de organismos sanitarios internacionales como la OMS, OPS y UNICEF.

2.3 Criterios de elegibilidad

Para este trabajo se seleccionaron revisiones previas y estudios primarios estudios de cohorte, transversales, caso-control, cualitativos y mixtos) y revisiones previas que: (a) analizaran factores socioculturales vinculados a la hesitación o rechazo vacunal; (b) estuvieran publicados en inglés, español o portugués; (c) tuvieran como población objetivo individuos de cualquier grupo etario; y (d) fueran publicados entre 2015 y 2024.

Se descartaron de esta selección los textos basados únicamente en obstáculo económicos o logísticos para acceder a la vacunación, así como los casos clínicos individuales y a las columnas de opinión sin base empírica.

2.4 Selección de estudios y extracción de datos

La selección bibliográfica fue realizada por dos revisores independientes por dos etapas: primero el cribado de títulos y resúmenes, luego la evaluación del texto completo, para resolver su diferencia de acuerdo mutuo, se recurrió a un tercer evaluador. Para calificar la calidad metodológica se usaron STROBE (estudios observacionales), CASP (estudios cualitativos) y AMSTAR-2 (revisiones sistemáticas). La extracción de datos abarco el país, el año, el diseño de la investigación, la población, las vacunas estudiadas, los aspectos socioculturales y las conclusiones más importantes.

III. RESULTADOS

3.1 Selección de estudios y características de los estudios incluidos

De los 21 artículos bibliográficos se derivaron 47 estudios, los cuales fueron realizados en 28 países, con predominio de Estados Unidos (n=9), Reino Unido (n=5), Brasil (n=4), Francia (n=4) y Nigeria (n=3).

En cuanto al diseño metodológico, el 42,5% correspondió a diseño transversal, el 23,4% fue cualitativo, el 17% mixto, el 10,6% de cohorte y el 6,4% caso-control.

Las vacunas más frecuentemente analizadas fueron las del papilomavirus humano (VPH) (n=14), la influenza estacional (n=11), COVID-19 (n=10) y las vacunas del calendario infantil en general (n=8).

3.2 Factores socioculturales identificados

Los análisis evidenciaron seis grandes categorías de factores socioculturales asociados a la resistencia vacunal:

- Desconfianza institucional: Reportada en el 78,7% de los estudios, la desconfianza hacia las instituciones sanitarias, la industria farmacéutica y los gobiernos constituyó el factor más prevalente. Esta desconfianza se vincula con experiencias históricas de experimentación no consentida y con percepciones de conflicto de intereses en las políticas de inmunización (8, 9).
- Creencias religiosas y espirituales: Identificadas en el 55,3% de los estudios. Comunidades con fuertes convicciones religiosas que atribuyen la salud y la enfermedad a causas sobrenaturales o que perciben la vacunación como contraria a los designios divinos muestran tasas significativamente menores de aceptación vacunal (10, 11).
- Desinformación y redes sociales: El 61,7% de los estudios documentó el papel de la desinformación digital, los movimientos antivacunas en plataformas virtuales y la exposición a contenidos de baja

calidad científica como determinantes de actitudes negativas hacia la inmunización. Este fenómeno se intensificó durante la pandemia de COVID-19 (6, 12).

- d. Nivel educativo y alfabetización en salud: Si bien la relación entre educación formal y aceptación vacunal no es lineal, el 46,8% de los estudios identificó que niveles bajos de alfabetización en salud se asocian con mayor vulnerabilidad a la desinformación y con percepciones erróneas sobre la seguridad y eficacia de las vacunas (13).
- e. Influencia comunitaria y liderazgo social: El 40,4% de los estudios destacó el papel de los líderes comunitarios, religiosos y tradicionales como mediadores de la aceptación vacunal. En contextos de alta cohesión comunitaria, la opinión de estos referentes es determinante en la decisión individual de vacunarse (14, 15).
- f. Experiencias previas con el sistema de salud: El 38,3% de los estudios vinculó experiencias negativas previas con los servicios sanitarios, incluyendo discriminación, trato inadecuado y barreras de comunicación cultural, con actitudes de rechazo hacia las intervenciones preventivas propuestas por el sistema formal de salud (16).

IV. DISCUSIÓN

Hoy en día, las redes sociales se han convertido en un medio importante de información, pero también hay mucha información falsa, lo que provoca mala información, lo cual lleva a una desinformación digital (6).

La desconfianza en los sistemas de salud son factores determinantes para crear un obstáculo en la vacunación en América Latina (8)

La desconfianza de la población hacia el sistema de salud es un fuerte indicador de cómo las personas perciben a las instituciones públicas. Por ello es importante resolver las causas que llevan a esta duda (8). Las estrategias centradas exclusivamente en la provisión de información científica han demostrado ser insuficientes cuando no se abordan las raíces sociales e históricas de esa desconfianza (9).

Las creencias religiosas deben analizarse cuidadosamente. Si bien algunas creencias religiosas se han identificado como barreras para la vacunación (10), la relación entre la religión y la duda sobre la vacunación no es directa ni universal. En numerosas comunidades, aun ahí líderes religiosos que desempeñan un rol positivo en la promoción de la vacunación, actuando como puentes de confianza entre el sistema de salud y la comunidad (11, 15).

La evidencia sobre las experiencias previas con el sistema de salud tiene mucha influencia como condicionante sobre la aceptación de vacunas, esto evidencia la urgencia de abordar la competencia cultural en la formación del personal de salud, brindándoles mejores capacitaciones de como poder llagar a la población (16).

Esta revisión bibliográfica corrobora que la oposición a las vacunas es un tema complejo, pluricausal y contextualmente variable, cuya comprensión no puede reducirse a modelos lineales de déficit de información. Esta conclusión es convergente con lo planteado por la OMS a través del grupo (SAGE), el cual reconoce la resistencia a las vacunas como un desafío multidimensional y utilizan el modelo de las tres C: confianza, complacencia y conveniencia como marco analítico de referencia (17).

La rápida difusión de contenidos falsos, los algoritmos de las plataformas digitales favorecen la exposición de contenidos antivacunas, lo que genera un efecto de desconfianza ante la inmunización (19). Frente a este escenario, es vital que las campañas de salud incorporen estrategias específicas que incluyan la colaboración con plataformas digitales y la formación de la ciudadanía en competencias de verificación de información (20).

Con respecto a la Salud Publica, la reducción a la cobertura de vacunación, si representa un riesgo crítico para el resurgimiento de enfermedades infecciosas (21).

Por eso las actividades de prevención deben abordar no solo aspectos biomédicos sino factores culturales y sociales que impacten en la comunidad frente a la vacunación. Debe existir mucha comunicación entre comunidad e instituciones de salud a fin de concientizar y tener más personas inscritas en los programas de inmunización.

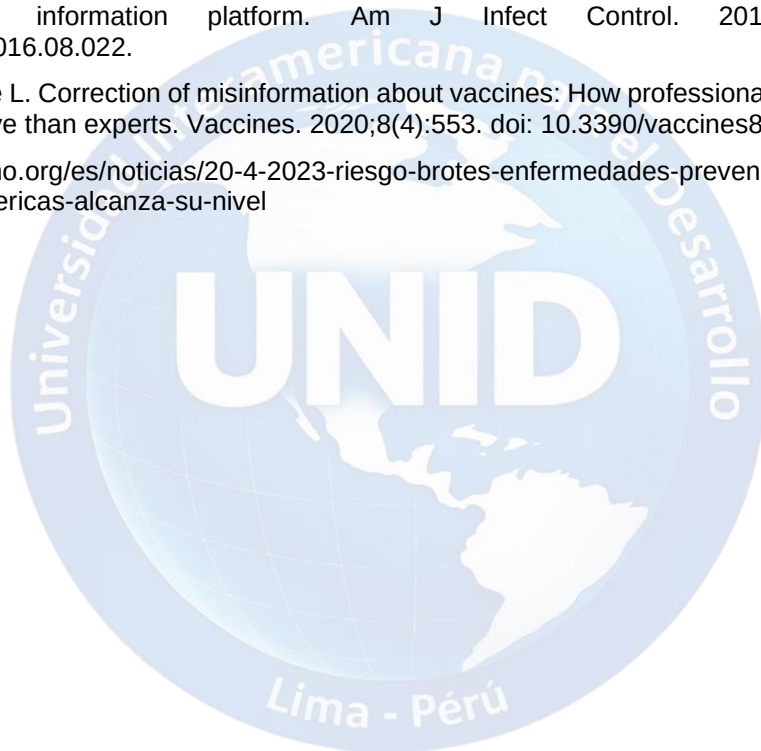
V. CONCLUSIONES

- La oposición a la vacunación es un fenómeno social muy complejo influenciado por muchos factores socioculturales, como la desconfianza hacia los servicios de salud, las creencias religiosas, las costumbres culturales, falta o poco conocimiento sobre los beneficios de las vacunas, el nivel de educación en salud de la población.
- Las acciones que se implementan deben estar dirigidas a aumentar la aceptación y la confianza en las vacunas, no solo con contenidos simplemente informativos, sino que se debe buscar la participación de la persona, familia y comunidad, sobre todo en aquellas comunidades con mayor resistencia a vacunarse.
- Se concluye que las estrategias que se implementan para incrementar las coberturas de vacunación en la población deben considerarse con un abordaje intercultural como; campañas de educación y consejería en salud, comunicación clara y efectiva, los cuales fortalecerán la confianza comunitaria, considerando las particularidades socioculturales de cada comunidad a intervenir.
- Finalmente, es muy importante que las autoridades sanitarias promuevan políticas públicas que combatan la desinformación, disminuyan las brechas de falta de acceso a la salud y fomenten la participación comunitaria, con el fin de mejorar la aceptación y confianza en las vacunas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Greenwood B. The contribution of vaccination to global health: past, present and future. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2014;369(1645):20130433. doi: 10.1098/rstb.2013.0433.
2. World Health Organization. Ten threats to global health in 2019 [Internet]. Geneva: WHO; 2019 [citado 2024 ago 10]. Disponible en: <https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019>
3. MacDonald NE; SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy. Vaccine hesitancy: Definition, scope and determinants. *Vaccine.* 2015;33(34):4161-4. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.04.036.
4. Larson HJ, Cooper LZ, Eskola J, Katz SL, Ratzan S. Addressing the vaccine confidence gap. *Lancet.* 2011;378(9790):526-35. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60678-8.
5. Larson HJ, de Figueiredo A, Xiaohong Z, Schulz WS, Verger P, Johnston IG, et al. The state of vaccine confidence 2016: Global insights through a 67-country survey. *EBioMedicine.* 2016;12:295-301. doi: 10.1016/j.ebiom.2016.08.042.
6. Roozenbeek J, Schneider CR, Dryhurst S, Kerr J, Freeman ALJ, Recchia G, et al. Susceptibility to misinformation about COVID-19 across 26 countries. *R Soc Open Sci.* 2020;7(10):201199. doi: 10.1098/rsos.201199.
7. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
8. Rodrigues CMC, Plotkin SA. Impact of vaccines; health, economic and social perspectives. *Front Microbiol.* 2020;11:1526. doi: 10.3389/fmicb.2020.01526.
9. Goldenberg MJ. Vaccine hesitancy: Public trust, expertise, and the war on science. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press; 2021. 224 p.
10. Grabenstein JD. What the world's religions teach, applied to vaccines and immune globulins. *Vaccine.* 2013;31(16):2011-23. doi: 10.1016/j.vaccine.2013.02.026.
11. Padela AI, Furber SW, Kholwadia MA, Moosa E. Dire necessity and transformation: entry-points for modern medical ethics in the Quran. *Bioethics.* 2014;28(4):177-87. doi: 10.1111/j.1467-8519.2012.01987.x.
12. Cinelli M, Quattrocioni W, Galeazzi A, Valensise CM, Brugnoti E, Schmidt AL, et al. The COVID-19 social media infodemic. *Sci Rep.* 2020;10(1):16598. doi: 10.1038/s41598-020-73510-5.

13. Paakkari L, Okan O. COVID-19: health literacy is an underestimated problem. *Lancet Public Health*. 2020;5(5):e249-e250. doi: 10.1016/S2468-2667(20)30086-4.
14. Jarrett C, Wilson R, O'Leary M, Eckersberger E, Larson HJ; SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy. Strategies for addressing vaccine hesitancy: A systematic review. *Vaccine*. 2015;33(34):4180-90. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.04.040.
15. Mounier-Jack S, Mayhew SH, Mays N. Integrated care: learning between high-income, and low- and middle-income country health systems. *Health Policy Plan*. 2017;32(suppl_4):iv6-iv12. doi: 10.1093/heapol/czx039.
16. Attwell K, Lake J, Cattelan M, Wiley K, Leask J, Martin CG, et al. Converting the maybes: quantitative and qualitative insights into vaccine hesitant and accepting parents. *Vaccine*. 2022;40(34):5078-86. doi: 10.1016/j.vaccine.2022.07.001.
17. World Health Organization. Report of the SAGE working group on vaccine hesitancy [Internet]. Geneva: WHO; 2014 [citado 2024 ago 10]. Disponible en: https://www.who.int/immunization/sage/meetings/2014/october/SAGE_working_group_revised_report_vaccine_hesitancy.pdf
18. Espinosa V, Paz-Soldan VA, Lazo M. Hesitancia vacunal en América Latina: retos para la salud pública en contextos de inequidad. *Rev Panam Salud Publica*. 2022;46:e27. doi: 10.26633/RPSP.2022.27.
19. Sharma M, Yadav K, Yadav N, Ferdinand KC. Zika virus pandemic: analysis of Facebook as a social media health information platform. *Am J Infect Control*. 2017;45(3):301-2. doi: 10.1016/j.ajic.2016.08.022.
20. Vraga EK, Bode L. Correction of misinformation about vaccines: How professionals and celebrities can be more effective than experts. *Vaccines*. 2020;8(4):553. doi: 10.3390/vaccines8040553.
21. <https://www.paho.org/es/noticias/20-4-2023-riesgo-brotes-enfermedades-prevenibles-por-vacunacion-america-alcanza-su-nivel>



LAVADO DE MANOS, LA MEDIDA MAS SENCILLA PARA SALVAR VIDAS

Diaz Cardenas, Andrea Milagros
<https://orcid.org/0009-0000-2023-7636>
adiazc@unidx.edu.pe

Maluqui Correa, Jackeline Elizabeth
<https://orcid.org/0009-0005-0088-5245>
jmaluquic@unidx.edu.pe

Mejia Inca, Jose David
<https://orcid.org/0009-0006-3529-0740>
jmejiai@unidx.edu.pe

RESUMEN

El lavado de manos constituye una de las medidas preventivas más efectivas para reducir la transmisión de enfermedades infecciosas dentro y fuera de los establecimientos de salud. A pesar de ser una práctica sencilla y económica, continúa representando uno de los pilares fundamentales de la bioseguridad y la prevención sanitaria. El objetivo del presente estudio fue analizar la importancia del lavado de manos mediante una revisión bibliográfica de artículos científicos, documentos académicos e informes institucionales nacionales e internacionales.

La metodología utilizada correspondió a una revisión documental descriptiva basada en fuentes relacionadas con higiene de manos, prevención de infecciones, seguridad del paciente y salud pública. Los resultados muestran que la correcta higiene de manos disminuye significativamente la incidencia de infecciones asociadas a la atención sanitaria, enfermedades respiratorias y patologías gastrointestinales. Además, se identificó que la educación continua del personal sanitario y las campañas de sensibilización mejoran el cumplimiento de esta práctica.

Se concluye que el lavado de manos continúa siendo una herramienta esencial para proteger la salud individual y colectiva, contribuyendo a disminuir riesgos epidemiológicos y fortalecer la seguridad del paciente.

Palabras clave: lavado de manos, bioseguridad, higiene, prevención, salud pública.

ABSTRACT

Handwashing is one of the most effective preventive measures for reducing the transmission of infectious diseases both inside and outside healthcare facilities. Despite being a simple and low-cost practice, it remains one of the fundamental pillars of biosafety and disease prevention. The aim of this study was to analyze the importance of handwashing through a bibliographic review of scientific articles, academic documents, and national and international institutional reports.

The methodology consisted of a descriptive documentary review based on sources related to hand hygiene, infection prevention, patient safety, and public health. The findings show that proper hand hygiene significantly decreases healthcare-associated infections, respiratory diseases, and gastrointestinal illnesses. Furthermore, continuous education of healthcare workers and awareness campaigns improve adherence to this practice.

It is concluded that handwashing remains an essential tool for protecting individual and collective health, reducing epidemiological risks, and strengthening patient safety.

Keywords: handwashing, biosafety, hygiene, prevention, public health.

I. INTRODUCCIÓN

La higiene de manos es reconocida mundialmente como una de las intervenciones sanitarias más eficaces para prevenir enfermedades infecciosas y reducir la propagación de microorganismos patógenos (1,2). Su importancia radica en que las manos representan una de las principales vías de transmisión de bacterias, virus y otros agentes infecciosos responsables de múltiples enfermedades transmisibles (3).

Dentro de los establecimientos de salud, el lavado de manos constituye un componente esencial de la bioseguridad, ya que contribuye directamente a la reducción de infecciones asociadas a la atención sanitaria y mejora la seguridad del paciente (4,5). Además, organismos internacionales como UNICEF y la Organización Mundial de la Salud han promovido campañas permanentes orientadas a fortalecer esta práctica debido a su impacto en la salud pública mundial (6).

La pandemia por COVID-19 también evidenció la necesidad de reforzar hábitos adecuados de higiene, convirtiendo al lavado de manos en una de las principales estrategias preventivas utilizadas para disminuir la transmisión viral (7).

El presente trabajo tiene como finalidad analizar la relevancia del lavado de manos desde una perspectiva científica y sanitaria mediante la revisión de literatura académica actualizada.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica descriptiva utilizando artículos científicos, publicaciones académicas, repositorios universitarios y documentos institucionales relacionados con higiene de manos, prevención de infecciones y bioseguridad.

Las fuentes consultadas incluyeron bases de datos científicas como SciELO, Dialnet, Google Scholar, repositorios universitarios peruanos, revistas médicas especializadas y documentos emitidos por organismos internacionales.

Los criterios de selección incluyeron publicaciones relacionadas con:

- Higiene de manos.
- Prevención de infecciones.
- Seguridad del paciente.
- Bioseguridad hospitalaria.
- Impacto del lavado de manos durante la pandemia por COVID-19.

La información recopilada fue organizada, analizada y comparada con la finalidad de identificar hallazgos comunes y evidencia relevante respecto a la importancia sanitaria del lavado de manos.

III. RESULTADOS

Los estudios revisados evidencian que el adecuado lavado de manos reduce significativamente la transmisión de microorganismos patógenos responsables de infecciones respiratorias, gastrointestinales e intrahospitalarias (3,4,8).

Asimismo, se identificó que la higiene de manos constituye una de las medidas más efectivas para disminuir infecciones asociadas a la atención sanitaria y fortalecer la seguridad del paciente (5,9).

Diversos autores resaltan que la educación continua del personal sanitario incrementa el cumplimiento de los protocolos de bioseguridad y mejora la calidad de atención brindada a los pacientes (10).

Por otro lado, durante la pandemia por COVID-19, múltiples investigaciones demostraron que la implementación de campañas educativas sobre higiene de manos contribuyó significativamente a la prevención de contagios y al fortalecimiento de hábitos saludables en la población (7,11).

También se identificaron diferentes modalidades de higiene de manos utilizadas en los servicios de salud, incluyendo el lavado social, antiséptico y quirúrgico, cada uno con objetivos específicos según el nivel de riesgo de exposición microbiológica (12).

IV. DISCUSIÓN

Los hallazgos encontrados coinciden con la evidencia científica internacional que reconoce al lavado de manos como una de las intervenciones más eficaces para prevenir enfermedades infecciosas y reducir infecciones asociadas a la atención sanitaria (1,4,5).

A pesar de los avances tecnológicos en medicina, la transmisión de microorganismos por contacto continúa siendo una de las principales causas de infecciones evitables. La verdad es que muchas de estas complicaciones podrían prevenirse mediante una adecuada adherencia a los protocolos de higiene.

Además, diversos estudios destacan que la capacitación continua y la sensibilización permanente del personal sanitario son factores determinantes para fortalecer el cumplimiento de las medidas de bioseguridad (8,10).

Sin embargo, todavía persisten limitaciones relacionadas con la disponibilidad de recursos, acceso a agua potable y cumplimiento uniforme de protocolos en diferentes contextos sanitarios. Por ello, resulta indispensable fortalecer las estrategias educativas y las políticas públicas orientadas a mejorar la cultura de prevención.

V. CONCLUSIONES

1. El lavado de manos constituye una medida fundamental para prevenir enfermedades infecciosas y reducir la transmisión de microorganismos patógenos.
2. La correcta higiene de manos disminuye significativamente las infecciones asociadas a la atención sanitaria y fortalece la seguridad del paciente.
3. La educación continua y las campañas de sensibilización representan herramientas esenciales para mejorar el cumplimiento de esta práctica.
4. La pandemia por COVID-19 reforzó la importancia del lavado de manos como estrategia preventiva de salud pública.
5. El fortalecimiento de programas de bioseguridad y promoción de hábitos saludables contribuye a mejorar la calidad de atención y proteger la salud colectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Global Handwashing Partnership. Why handwashing? [Internet]. Washington: GHP; 2023 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://globalhandwashing.org/about-handwashing/why-handwashing/>
2. UNICEF. State of the World's Hand Hygiene 2021 [Internet]. New York: UNICEF; [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://www.unicef.org/media/124521/file/State%20of%20the%20World%27s%20Hand%20Hygiene.pdf>
3. Hernández Orozco HG, et al. Higiene de manos y prevención de infecciones [Internet]. Medigraphic; 2015 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=59534>
4. Secretaría de Salud de México. Higiene de manos y prevención de infecciones asociadas a la atención sanitaria [Internet]. 2016 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-23912016000600355&script=sci_arttext
5. Pérez Álvarez A, et al. Higiene de manos y bioseguridad hospitalaria [Internet]. Rev Cubana Enfermería; 2020 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2020000300492&script=sci_arttext
6. UNICEF. State of the World's Hand Hygiene 2021 [Internet]. New York: UNICEF; [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://www.unicef.org/media/124521/file/State%20of%20the%20World%27s%20Hand%20Hygiene.pdf>

7. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. La importancia del lavado de manos en tiempos de COVID-19 [Internet]. Chiclayo: USAT; 2020 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://www.usat.edu.pe/articulos/la-importancia-dellavado-de-manos-en-tiempos-de-covid-19/>
8. Revista Portales Médicos. Importancia del lavado de manos [Internet]. 2020 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://www.revistaportalesmedicos.com/revista-medica/importancia-del-lavado-de-manos-2/>
9. Instituto Nacional Materno Perinatal. Guía de higiene de manos [Internet]. Lima: INMP; [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://www.inmp.gob.pe/uploads/498v.pdf>
10. Revista Enfermería Neurológica. Higiene de manos y seguridad del paciente [Internet]. 2021 [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://revenferneurolenlinea.org.mx/index.php/enfermeria/article/view/178>
11. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Prácticas de higiene de manos y prevención de infecciones [Internet]. Lima: UPCH; [citado 2026 Jun 1]. Disponible en: <https://repositorio.upch.edu.pe/entities/publication/44cd7f888bf5-4d13-a9c8-354dbf2a999a>





Investigación y Responsabilidad Social Universitaria (RSU)

El devastador doble terremoto del 24 de junio de 2026 marcó un antes y un después en la historia sísmica de Venezuela. Con magnitudes de 7.2 y 7.5, este evento afectó severamente la zona norte-costera del país, especialmente el estado La Guaira y la capital, Caracas, convirtiéndose en el sismo más mortífero del último siglo en la nación. El panorama actual es complejo, con miles de víctimas fatales, miles de heridos y una enorme crisis habitacional e infraestructura dañada, incluyendo la Ciudad Universitaria de Caracas (Patrimonio de la Humanidad). Ante una tragedia de esta magnitud, las universidades no pueden ser espectadoras. La combinación de la investigación científica y la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) es un motor indispensable para la reconstrucción y la prevención.

La universidad no solo debe ser un espacio de transmisión de saberes, sino un faro de innovación y cuestionamiento. Por ello, la UNID abraza la investigación como una función esencial y obligatoria, promoviendo de manera decidida la producción de conocimiento y el desarrollo tecnológico. Este esfuerzo busca dar respuestas oportunas, éticas y viables a las complejas problemáticas sociales, económicas y culturales de nuestro entorno.

La campaña liderada por la UNID del Perú es un ejemplo concreto de cómo la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) deja de ser un concepto teórico y se transforma en una intervención con impacto global. Esta iniciativa no solo demuestra empatía ante la crisis en Venezuela, sino que articula el conocimiento técnico con la gestión de emergencias a través de los siguientes ejes:

Aplicación del Rigor Científico y Académico: La selección, clasificación y control de calidad de los medicamentos donados no es una tarea logística simple; requiere las competencias específicas de docentes y estudiantes del área de la salud. Se aplican conocimientos de farmacología, gestión de la cadena de suministro médico y protocolos internacionales de ayuda humanitaria para garantizar que los insumos transferidos sean seguros, eficaces y aptos para las necesidades prioritarias de la población afectada.

Formación Integral del Estudiante (RSU): Al involucrar directamente a la comunidad estudiantil, la universidad fomenta el desarrollo de competencias blandas esenciales como la empatía, el liderazgo y el compromiso social. El estudiante no solo aprende en el aula, sino que valida su rol como un agente de cambio social en el mundo real.

Investigación y Aprendizaje Basado en Retos: Una intervención exitosa de esta escala genera datos e información valiosa sobre la gestión de donaciones transfronterizas en situaciones de desastre, lo que a su vez retroalimenta la investigación académica interna sobre salud pública y logística humanitaria.

Conozca nuestra labor a través de imágenes: compartimos una galería que destaca el trabajo científico de los estudiantes en los laboratorios especializados de la UNID, junto con las acciones solidarias emprendidas para el envío de ayuda humanitaria a Venezuela.









La Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID) asume con alto sentido de responsabilidad su rol transformador en la sociedad. Bajo esa premisa, nos honra presentar el Primer Volumen de los Trabajos de Investigación de los estudiantes de Pregrado, una publicación que marca un hito institucional en la difusión del conocimiento científico generado desde nuestras aulas.

Entendemos que la universidad no solo debe ser un espacio de transmisión de saberes, sino un faro de innovación y cuestionamiento. Por ello, la UNID abraza la investigación como una función esencial y obligatoria, promoviendo de manera decidida la producción de conocimiento y el desarrollo tecnológico. Este esfuerzo busca dar respuestas oportunas, éticas y viables a las complejas problemáticas sociales, económicas y culturales de nuestro entorno.

Los trabajos que integran este volumen son el resultado de un riguroso proceso de investigación formativa, donde los estudiantes, guiados por sus docentes, han aprendido a mirar la realidad con ojos críticos, a plantear hipótesis rigurosas y a sostener sus hallazgos con base en el método científico. Esta obra no solo visibiliza el talento de las nuevas generaciones de profesionales, sino que reafirma el compromiso de la UNID con la excelencia académica y el progreso del país.

