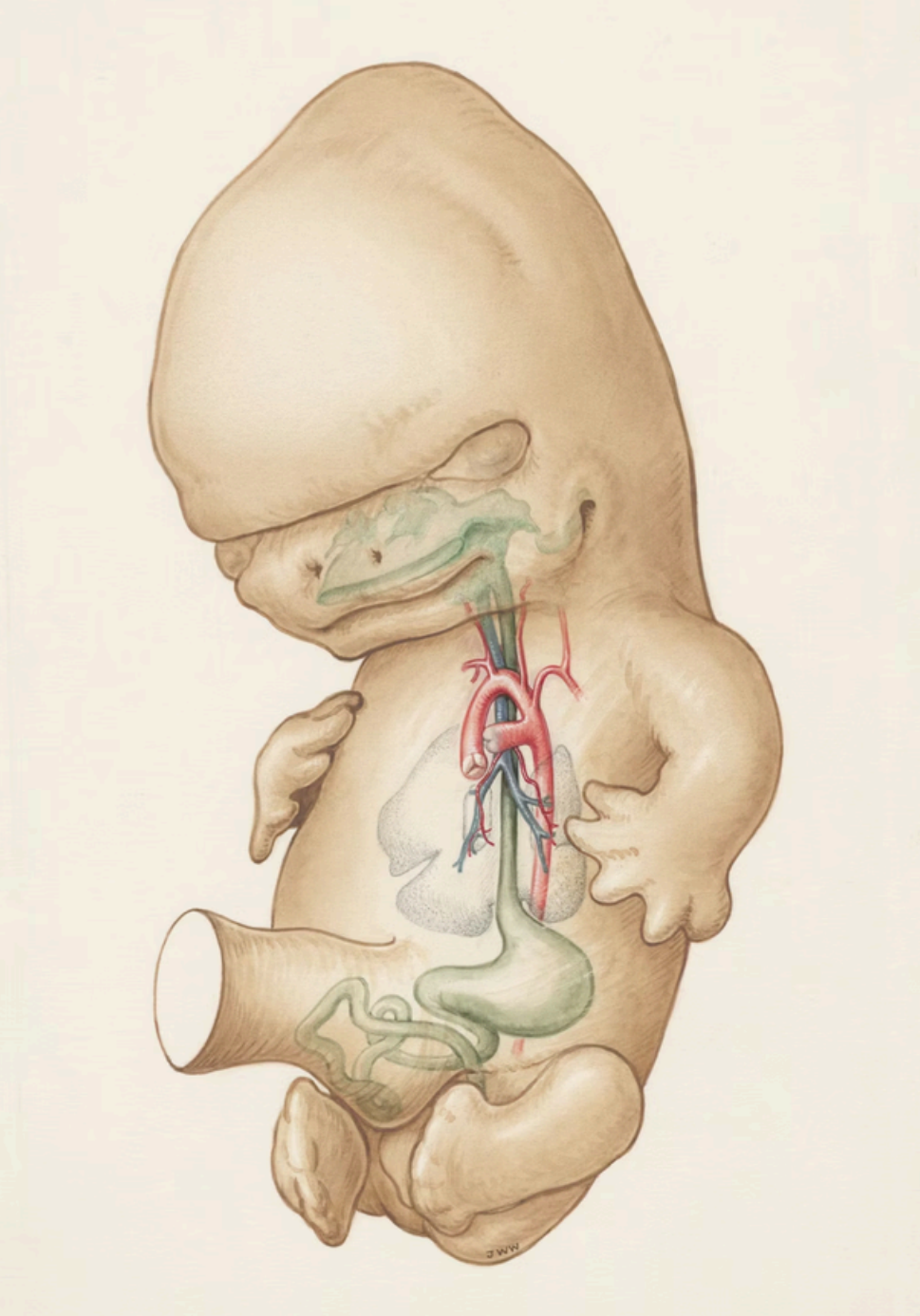
REVISTA DEL
MÉDICO EN
FORMACIÓN

Vol. 4, No. 2

www.revmedform.com

Julio 2026



ISSN: en trámite

Revista del Médico en Formación
México

Vol. 4, No. 2 | Julio 2026

Publicación científica semestral.

ISSN (electrónico): En trámite.
Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título: En trámite.

Editor en Jefe: Miguel A. S. Lecuona
Editor Ejecutivo: Sofia Andrade Lara
Véase el Directorio Editorial

Correo: revmedext@gmail.com
Sitio web: www.revmedform.com

Acerca de la Revista

La Revista del Médico en Formación es una publicación científica semestral editada por estudiantes de medicina de diferentes facultades y escuelas de medicina de México, dedicada a la difusión del conocimiento en ciencias de la salud mediante la publicación de trabajos originales, revisiones, reportes de caso, artículos de reflexión, entrevistas académicas y otras contribuciones de interés para la comunidad médica y científica.

La revista tiene como propósito fortalecer la formación académica, científica y profesional de estudiantes, médicos en formación, docentes e investigadores, promoviendo la investigación, el pensamiento crítico y la medicina basada en evidencia como pilares del desarrollo de las ciencias de la salud.

Los manuscritos publicados son sometidos a un proceso de evaluación editorial y a revisión por pares, de acuerdo con las políticas editoriales de la revista y con los principios de integridad científica y ética en publicación.

Derechos y responsabilidades

Los autores conservan la responsabilidad sobre el contenido de sus trabajos. Las opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad exclusiva de sus autores y no representan necesariamente la postura de la Revista del Médico en Formación, de su Cuerpo Editorial y Administrativo.

Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido publicado sin la autorización correspondiente.

Directorio

Actualmente, nuestro equipo cuenta con la participación de médicos en formación de las siguientes entidades académicas: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Universidad Cuauhtémoc San Luis Potosí, Universidad Anáhuac Querétaro, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma de Sinaloa, Universidad del Valle de México Campus Querétaro y Universidad Nacional Autónoma de México; así como de médicos e investigadores para mantener la calidad académica en cada publicación.

Dirección General

Miguel A. S. Lecuona
Editor en Jefe

Jesús Guillermo Ramírez Gallegos
Editor Adjunto

Sofia Andrade Lara
Editora Ejecutiva

Gilberto Mauricio Suárez
Editor Adjunto

Coordinaciones

Milen Montserrat Mendoza Ángeles
Coordinadora Editorial

Ernesto Antonio Gutiérrez Herrera
Coordinador Administrativo

Martha Giselda Rangel Charqueño
Coordinadora del Consejo Editorial

Equipo Editorial

Alan Franshesco Vega Pérez
Director Editorial

Héctor Hugo Hernández Cruz
Editor Asociado

Marina Tanit Villagrán Camacho
Editora de Sección

Leonardo González Bustos
Editor Asociado

Jesús Eduardo Cano Briseño
Editor de Sección

Ariel Eduardo Jiménez Romo
Editor Asociado

Ericka Berenice Aceves Sánchez
Editora de Ética

Wilson de Jesús Terán Fonseca
Editor de Sección

José Luis Silvas Alfaro
Editor de Ética

Kurt Schonherr Naya
Editor de Sección

Andrea Guadalupe Méndez Saucedo
Editora de Ética

Equipo Técnico Editorial

Lilia Giselle Cano García
Directora Técnico Editorial

César Iván Fuentes Alemán
Editor Técnico
María Fernanda Mota Zavala
Editora Técnica
Osiel Salvador López Cazares
Editor Técnico
Karla Andrea Guevara Galarza
Editora de Textos y Estilos
Carlos Gerardo Morin Rocha
Editor de Textos y Estilos
Victoria Ximena Valladolid Reyes
Editora de Traducción
Ana Paola Campos Díaz
Editora de Traducción

Lourdes Liliana Gaytán González
Editora de Traducción
Ana Victoria Aguirre Buendía
Editora de Diseño
María Paula Vázquez Morán
Editora de Diseño
Miguel Ángel Gámez Santiago
Editor de Diseño
Luisa Fernanda Vázquez Pérez
Editora de Diagramación
María Fernanda Solis Horteales
Editora de Diagramación

Equipo de Recursos Humanos

Luis Ángel Álvarez Zavala
Director de Recursos Humanos

Emilio Castillo Uribe
Editor de Relaciones Editoriales
Emmanuel Meza Ruvalcaba
Editor de Relaciones Editoriales

Abner Nacib Jasso Rodríguez
Editor de Finanzas

Equipo de Difusión

Natalia Michel Olvera Barragán
Directora de Difusión

Alberto Armenta Torres
Editor de Difusión
María Fernanda Delgadillo Ramírez
Editora de Difusión

Danna Paola Arriaga Araujo
Editora de Difusión
Leilany Luba Rosas Arredondo
Editora de Difusión

Mensaje del Editor en Jefe

La medicina comienza con una pregunta.

¿Por qué ocurrió? ¿Qué significa este hallazgo? ¿Existe una mejor forma de hacerlo? Detrás de cada avance científico, de cada técnica quirúrgica y de cada tratamiento que hoy damos por sentado, hubo alguien que decidió no conformarse con la respuesta disponible y se atrevió a formular una nueva pregunta.

La formación médica no consiste únicamente en adquirir conocimientos, sino en desarrollar la capacidad de cuestionarlos, comprenderlos y ampliarlos. La investigación representa precisamente ese ejercicio: transformar la curiosidad en evidencia y las ideas en oportunidades para mejorar la atención de nuestros pacientes.

Los trabajos que integran este número son reflejo de ese compromiso. Cada uno nació de una inquietud, de una observación o de una pregunta que alguien decidió explorar con rigor científico. Más allá de los resultados obtenidos, el verdadero valor del proceso reside en formar profesionales capaces de pensar con independencia, afrontar la incertidumbre y contribuir al desarrollo de la medicina.

Agradezco profundamente a los autores, revisores y editores que hicieron posible esta edición. Su dedicación fortalece una comunidad académica que entiende que el conocimiento no es un punto de llegada, sino el inicio de nuevas preguntas.

Porque toda gran respuesta comenzó alguna vez con la valentía de hacer una pregunta.

Todo es posible para un corazón con voluntad.

Miguel A. S. Lecuona
Editor en Jefe

En este número

La presente edición reúne contribuciones que exploran distintos escenarios de la medicina contemporánea, desde la investigación clínica y la revisión crítica de la evidencia hasta la innovación tecnológica, la educación médica y la salud pública. Los trabajos seleccionados reflejan el compromiso de sus autores con la generación y difusión del conocimiento científico, abordando temas de relevancia tanto para la práctica clínica como para la formación de los futuros profesionales de la salud.

1 **Entrevista al M.C./M.A. Gylmar Mariel Cárdenas**

Entrevista realizada por Carlos Eduardo Aguillón-Narváez y Yahir Alejandro Chico-Alcaraz.

Una conversación con el Jefe de la División de Vinculación Universitaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en la que comparte su trayectoria profesional, su visión sobre la educación superior y la importancia de fortalecer la vinculación universitaria como parte de la formación integral de los estudiantes de medicina.

5 **Comparación del Desempeño Diagnóstico de los Criterios ASGE 2019 y la C-IMP para Coledocolitiasis en Pacientes Sometidos a CPRE**

Autores: Óscar Manuel López-Álvarez, Mario Aurelio Martínez-Jiménez, Victor Manuel Loza-González, Sofia Andrade-Lara, Alan Franshesco Vega-Pérez, Jesús Guillermo Ramírez-Gallegos, María Fernanda Delgadillo-Ramírez, Fidel Francisco Bear-Morales, Rodrigo Villafuerte-Fernández, Mario Alberto Espinoza-del-Río, Miguel Urbina-Ruiz.

Estudio retrospectivo, transversal, realizado en el Hospital Regional de Alta Especialidad "Dr. Ignacio Morones Prieto" que compara el rendimiento diagnóstico de dos herramientas utilizadas para la estratificación del riesgo de coledocolitiasis, aportando evidencia relevante para la práctica clínica y la toma de decisiones diagnósticas.

15 **Salud Mental en la Era Digital: Una Revisión Sistemática Sobre Síntomas Ansioso-Depresivos Asociados al Uso de Redes Sociales en los Jóvenes**

Autores: Maximiliano Nazarín-Cibrián, Mónica Paola Guerrero-Covarrubias, Amely Olalde-Apaseo, Dayana Pérez-Saenzpardo, Luis Eduardo Valdez-García, Jesús Galván-Molina.

Una revisión sistemática de la literatura que analiza la evidencia disponible sobre la relación entre el uso de redes sociales y la presencia de síntomas de ansiedad y depresión en población joven, abordando un tema de creciente relevancia para la salud pública.

25 **Amiodarona: Efectos Adversos y el Escenario para Torsades de Pointes. Una Revisión Narrativa**

Autor: Ximena Araujo-González.

Revisión de la evidencia sobre el perfil de seguridad de la amiodarona, con especial énfasis en sus efectos adversos, las interacciones farmacológicas y los factores que favorecen el desarrollo de torsades de pointes en pacientes susceptibles.

31 **Detección Temprana de Hipoacusia Neonatal: Algoritmo de Tamizaje**

Autores: Paulina González-Aguilar, Diana Govea-González.

Revisión de la literatura que sintetiza la evidencia actual sobre el tamizaje auditivo neonatal y propone un algoritmo práctico para favorecer la detección oportuna y el abordaje temprano de la hipoacusia en recién nacidos.

37 **Uso de Simulación Clínica en la Educación Médica**

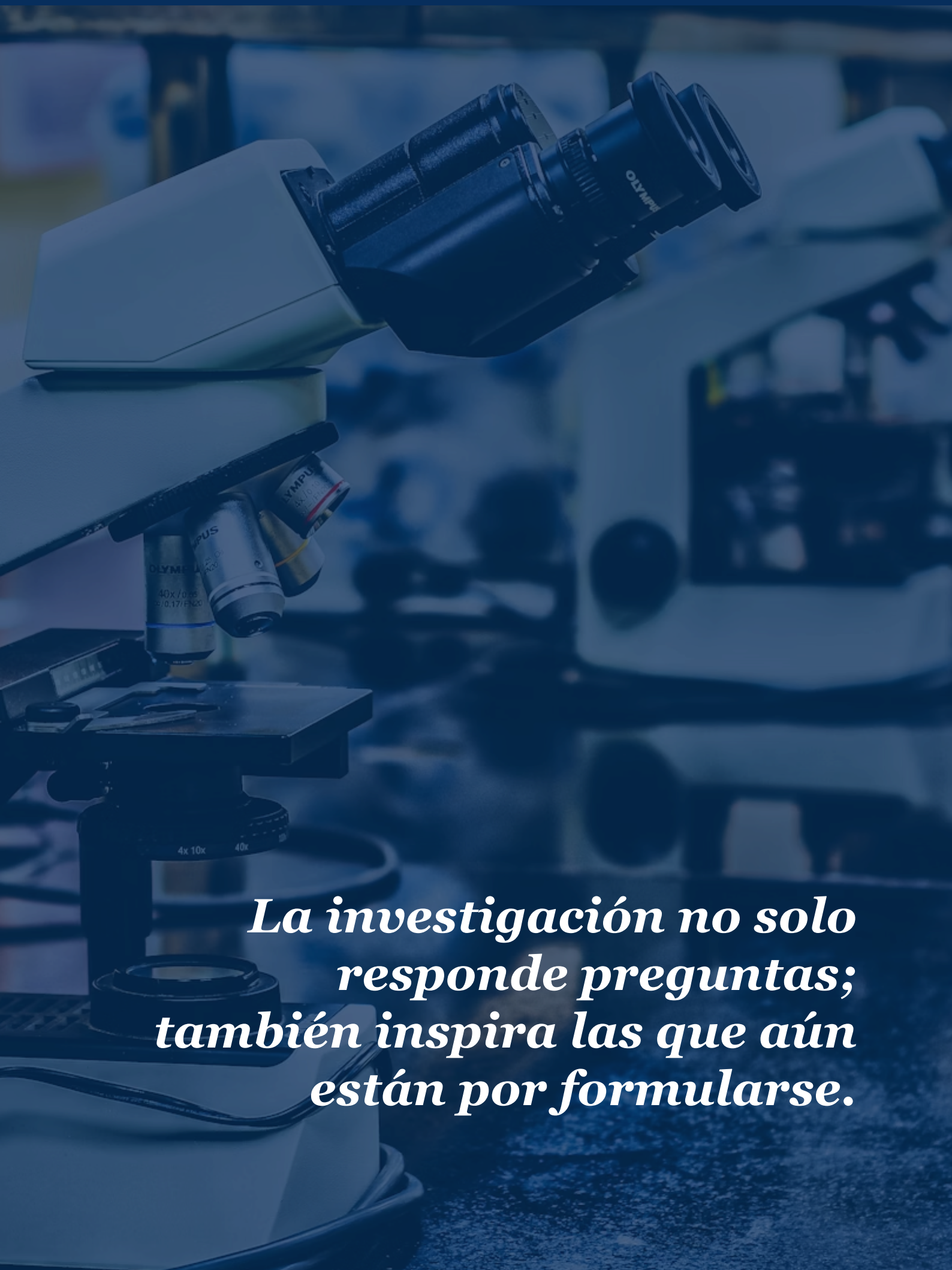
Autor: Lilia Giselle Cano-García.

Análisis del papel de la simulación clínica como herramienta para el desarrollo de competencias en la educación médica, destacando sus beneficios, limitaciones y la necesidad de complementarla con experiencias clínicas reales.

47 **Útero Artificial en la Prematuridad Extrema: Avances Actuales y Perspectivas Futuras. Una Revisión Narrativa**

Autores: César I. Fuentes-Alemán, Natalia Michel Olvera-Barragán, Karla Andrea Guevara-Galarza, José Eduardo Trejo-Elías, Miguel S. Lecuona.

Revisión de los avances recientes en el desarrollo de sistemas de soporte extracorpóreo para la prematuridad extrema, explorando su potencial clínico, los desafíos tecnológicos y las consideraciones éticas que acompañan esta innovadora línea de investigación.



La investigación no solo responde preguntas; también inspira las que aún están por formularse.

Esta página se ha dejado en blanco intencionadamente

Entrevista al M.C./M.A. Gylmar Mariel Cárdenas

Carlos Eduardo Aguillón-Narváez[1], Yahir Alejandro Chico-Alcaraz[1].

[1] Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.

Autor de correspondencia: Carlos E. Aguillón, aguillon.slp@gmail.com
Recibido: 25 de febrero de 2024. | Aceptado: 15 de abril de 2024.

RESUMEN

En esta entrevista tenemos el privilegio de conversar con el ***Mtro. Gylmar Mariel Cárdenas***, Jefe de la División de Vinculación Universitaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, quien nos brindó una visión integral de su trayectoria profesional, destacando aspectos importantes relacionados a su cargo y su relevancia e impacto para los estudiantes de medicina.

Palabras clave: vinculación, oportunidades, servicio social, internacional.

¿Podría hablarnos un poco sobre su trayectoria y cómo llegó a ocupar el cargo actual en la División de Vinculación?

Yo soy egresado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por la Facultad de Ingeniería; soy ingeniero mecánico eléctrico y me fui de practicante en la industria automotriz, empezando en la empresa "Cummins", en donde me considero afortunado porque a los 3 meses me ofrecieron la planta en donde se me otorga la posición de Ingeniero en Manufactura en el área de cadenas, el cual era un cuartito chiquito donde meten los motores de tractocamiones y los prueban para ver si funcionan bien o mal, y bueno, si funcionan mal los reparan y los vuelven a meter para poderlos terminar.

Después de ahí, me ofrecieron trabajo en Estados Unidos, al cual no me dejaron ir, y esto es algo en lo que yo considero que tuve la culpa, porque me hice 'indispensable', me dijeron: "Nadie hace lo que tú haces". Sinceramente no me gustó la reacción pero ahora que lo pienso en retrospectiva, yo realmente nunca formé a nadie que pudiera reemplazarme.

Esto sí es un consejo que desde ahorita les doy: formen siempre a alguien que los pueda reemplazar porque si algún día hay una oportunidad de trabajo dentro de la misma empresa, ustedes puedan decir: "Ok, yo me puedo ir, pero se queda esta persona que a lo mejor con un poquito más de formación ya puede ocupar mi lugar". Creo que ese fue mi error, nunca hice una persona que pudiera suplirme; en ese tiempo no lo entendí y me enojé mucho. Tiempo después me vuelven a hacer la misma oferta en Estados Unidos y pasa lo mismo, además de otra oportunidad en otra empresa que se llama "Valeo" en Francia. Para ello, renuncio a "Cummins" y me voy a Francia como Ingeniero de Investigación y Desarrollo.

Regreso a México después de dos años, me hacen Gerente de Investigación de Desarrollo y después me hacen Gerente de Proyectos donde yo me encargaba de atender un grupo de proyectos y también de que los alternadores fueran *ad hoc* para los clientes, después me fui a otra empresa que se llama "Eaton", que es de tractocamiones; en ese tiempo hacíamos transmisiones y clutch pero iba haciendo lo mismo.

Después me fui a otra empresa como Gerente de Ingeniería del área de alternadores y después de ahí me ofrecen ser Gerente de Producción y después la Gerencia de Planta. Es un trabajo un 'poquito' complicado y muy 'matado' la verdad pero bien pagado; tuve ahí ciertas diferencias con mi jefe y dije hasta aquí.

Según yo me iba a dar un año sabático y al mes me vine a una entrevista aquí en San Luis Potosí para una gerencia. En ese momento me habla un amigo que me dice que le están ofreciendo trabajo para el gobierno del estado y me dice: "Ve tú". Voy a la entrevista y la verdad sí entré al gobierno a la Secretaría de Desarrollo Económico y estuve en la parte de infraestructuras industriales y ahí estuve el resto del sexenio. Cambia el gobierno y salgo, pero yo estaba trabajando aquí en la universidad en la Facultad de Ingeniería y concurso una plaza, gané una de ellas y ahora soy profesor de tiempo completo. Me encargaron el Departamento de Vinculación porque yo traía la parte de gobierno y traje muchas inversiones aquí en San Luis.

En mayo del 2016 me pidió el director si podía ser el Subsecretario de Planeación de la Facultad de Ingeniería. En octubre del 2016 me habló el rector para que lo apoyara con la División de Vinculación y ahora estoy aquí. Aquí tenemos a nuestro cargo las prácticas sociales, el servicio social, educación continua, egresados, emprendedores, transferencia de conocimientos; mismas áreas que venimos trabajando desde el 2016.

¿Por qué es importante realizar el servicio social como estudiantes?

Imagínense que como estudiantes nunca hubieran llevado práctica. ¿Qué creen que pasaría? ¿Cómo se sentirían ustedes? En su caso, en el área médica empiezan muy temprano con las prácticas en laboratorio o en vivo, y le van tomando interés a la parte teórica con lo que van haciendo en la práctica.

No es exclusivo de medicina o ingeniería, sino que en todas las carreras, cuando tú sabes a qué vas, qué vas a hacer en el mundo profesional, le tomas más amor y más cariño. Lo importante es que veas qué vas a hacer laborando. Hay dos decisiones que estoy consciente son las más importantes en tu vida: la primera es qué vas a estudiar, porque de eso vas a vivir; y la segunda es con quién te vas a casar. Son dos cosas muy importantes. Si tú me preguntas de pequeño qué quería ser yo pues te diría que astronauta o algo así. Después la verdad es que mi papá era dentista, mi mamá había estudiado Ingeniería Bioquímica, mi esposa es dentista, y mi suegro es médico. Vengo del ambiente médico y me gustaba mucho pero me interesaban también las máquinas y me decidí por ingeniería y pues mucha de la investigación que hago es biotecnológica.

Creo que es algo muy importante que tú practiques, que sepas a qué vas para poder tomar más interés. Por eso creo que el servicio social y las prácticas profesionales son muy importantes, sin embargo algo que yo promuevo mucho es que, si cuando tú estás empezando en tu carrera empiezas a tener contacto con lo que vas a hacer después, te va a despertar más interés lo que ves en clase, así que lo que yo les diría a la gente de vinculación con servicio social es: saquen a los muchachos, llévenlos al área de trabajo donde van a estar, independientemente de la carrera, para que se den cuenta si eso es a lo que se quieren dedicar o no.

Específicamente para la carrera de medicina, ¿qué tan importante es el realizar un servicio social comunitario en las zonas rurales o atendiendo a los necesitados para su desarrollo profesional?

Te responderé con otra pregunta. ¿Sabes por qué la Facultad de Medicina UASLP es considerada de las mejores en el país? Por toda la práctica. Ustedes tienen 4 horas de práctica diarias ininterrumpidas por 2 años en la carrera. Ustedes casi no tienen vacaciones a comparación de otras universidades que tienen una tercera parte de lo que ustedes tienen, incluso en Europa que tienen una quinta parte. Así que es muy importante, por ese acercamiento con los expertos en las áreas que trabajan día a día.

Aparte del servicio social comunitario, ¿hay alguna otra opción para realizar el servicio social en medicina?

Ustedes tienen 3 tipos de servicio: el comunitario, el de investigación y el de vinculación. ¿Cuál de estos es más importante? El que tú elijas, por lo que te gusta hacer.

En todos estos servicios van a tener práctica diferente y depende de ustedes. Tuvimos un programa con la Facultad de Medicina llamado “Servicio Social en Sector Productivo” del cual participaron 8 personas y 7 de esas personas admitieron con seguridad que aprendieron mucho, pero repito, eso depende de lo que ustedes quieran. Así que, ¿cuál servicio social es mejor? Depende de lo que quieras.

¿Cuáles son los principales desafíos que los estudiantes enfrentan con mayor frecuencia en el servicio social?

El tema de las habilidades como liderazgo, trabajo en equipo, saber otro idioma, el ser resiliente por el tipo de situaciones a las que se enfrentan por ser complicadas; ese tipo de conocimiento se los van a dar ustedes mismos, ahí depende de cada uno su personalidad y el modo para manejar las situaciones, sobre todo ustedes que lidian con mucho estrés, tienen que tener firmeza y carácter para saber lidiar con estos acontecimientos. Se comenta mucho de las nuevas generaciones por ser de ‘cristal’ pero nosotros también debemos saber manejarlos y encaminarlos a saber enfrentar estos hechos. Me jacto de que nosotros preparamos muy bien a los estudiantes desde lo que viví hasta la actualidad.

¿Ha habido algún tipo de programa internacional para mandar estudiantes a rotar en otros países?

Fíjate que esa opción no la hemos explorado tanto y sí sería interesante hacerlo. Sí tenemos un programa de intercambio cultural alemán donde los recién egresados pueden irse a trabajar a Alemania por 2 a 4 años aproximadamente, pero la realidad es que ellos están buscando quedarse allá y trabajar. Al fin y al cabo son oportunidades y varios saben tomarlas a su manera.

¿Existe algún otro programa de vinculación que se ofrezca para los estudiantes del área de la salud en general?

Sí, de hecho tenemos muchos programas y acuerdos con diferentes universidades en donde se pueden hacer intercambios de investigación, aunque sólo se ofrecen para estudiantes de posgrado y egresados.

En pregrado ofrecemos lo que es movilidad, en donde contamos con más de 600 convenios con universidades de muchas partes del mundo.

En medicina son muy demandados los intercambios a Francia y Alemania, así igual hemos recibido muchos estudiantes de España y Colombia. Este proceso es el mismo para todas las facultades; se debe ir al Departamento de Internacionalización por informes, conseguir la carta de aceptación de la universidad receptora, saber qué materias llevarán para que sean revalidadas, entre otras cuestiones.

También existe la posibilidad de que los estudiantes que así lo deseen puedan realizar su servicio social en el extranjero; hasta ahora recuerdo a 3 estudiantes de medicina y 1 de ingeniería que realizaron su servicio social en el extranjero, siendo la primera vez que se hizo, con resultados interesantes, pero para ello se necesita realizar un acuerdo con la universidad.



Figura 1. De izquierda a derecha: Yahir Chico, Mtro. Gylmar Mariel Cárdenas, Carlos Aguillón.

En la Facultad de Medicina, como en otras facultades, existen alumnos con ideas de emprendimiento, ya sea la escritura de libros, recursos digitales, entre otros; ¿qué apoyo puede ofrecer el Departamento de Vinculación a todos estos estudiantes?

Sí, es algo sumamente interesante, incluso los mismos estudiantes han llegado a formar empresas. En el departamento podemos ayudarles de muchas maneras, tanto en temas de incubación, en caso de que tengan la pequeña empresa que esté funcionando; como en aceleración, a través de la oficina de transferencia y conocimiento para registrar sus marcas. Les voy a dar un ejemplo: a la empresa Koplik®, nosotros les ayudamos a registrar su marca, vinieron aquí con nosotros, se sentaron ahí donde ustedes están y nos empezaron a platicar todo el proyecto, les ayudamos a registrarse y ahora está funcionando; desde entonces ha venido varias veces, nos platica cómo va el emprendimiento y lo hemos apoyado para que logre entrar en algunas convocatorias y ahorita estamos viendo cómo aceleramos su negocio.

Otra historia es el proyecto del Dr. Mario Martínez, el encargado del área de quemados del Hospital Central [ahora Hospital Regional de Alta Especialidad "Dr. Ignacio Morones Prieto"]: empezó con investigación en temas de termografía, hasta consolidarse entre varios investigadores la creación de la empresa, y con varios investigadores del área de la ingeniería se empezó a ver qué maquinaria podíamos crearles, se compró una cámara termográfica y a través de ensayos e investigación se logró crear la pequeña empresa.

Todas las empresas pasan por una curva de inversión en donde se ve pérdida al inicio pero después empieza a crecer, se recupera la inversión y comienzan las ganancias. Así hemos tenido varios emprendimientos, y seguimos promoviéndolo a través de varias convocatorias como el "Reto San Luis", en donde concursan varias ideas de negocio; o como "EagleNest", en donde 5 empresarios fungen como inversionistas y a través de algunas donaciones de fondos se le otorga un premio monetario al proyecto de negocio que sea seleccionado, estilo Shark-Tank®, donde concursa un proyecto de cada facultad. No pasan desapercibidas las ganas de emprendimiento de todos los concursantes.

Desde el 2019 nos cuestionamos, ¿cómo capacitamos a los alumnos en emprendimiento, si los profesores tampoco están capacitados? Así, empezamos a capacitar maestros de la mano de la fundación Wardhwani, para que estos a su vez empezaran a capacitar alumnos en temas de emprendimiento.

Para ustedes, como área de la salud, la consulta es un emprendimiento, es un emprendimiento más objetivo que cualquier otro. Yo he notado que en las carreras del área de la salud nunca nos enseñan cómo cobrar, cómo otorgar una consulta, cómo satisfacer a tus pacientes, cómo hacer tu consultorio atractivo. Son temas de marketing, y el programa se enfoca tanto en áreas de la salud que cuando los estudiantes egresan se cuestionan, ¿ahora qué hago?, ¿cómo lo hago?.

Antes se creía que este negocio, era un "negocio de Maya" porque tú abres el negocio y sólo esperas a que lleguen los clientes, pero esto ya no es así, la competencia es muy fuerte actualmente, y es una interrogante muy buena: ¿Cómo hago atractivo mi negocio/consultorio/clínica/hospital? ¿Cómo hago que se sientan atraídos hacia mí? Obviamente si tú eres muy buen doctor, das un buen trato a tus pacientes, la gente va a hablar, y te van a ir conociendo de boca en boca, pero en un inicio nadie los conoce.

Partiendo de lo anterior, ¿cree que sería imprescindible agregar alguna materia sobre marketing o administración al plan de estudios de la Facultad de Medicina?

Súper importante, yo siempre he dicho, todos debemos ser vendedores por naturaleza, porque así como se los digo a mis estudiantes, aunque suene mal, tienes que saber venderte a ti mismo, de qué manera vas a vender tu trabajo, tu imagen, tu manera de ser, lo que tú estás ofreciendo. ¿Y qué estás ofreciendo? Conocimiento.

Les recomiendo mucho que nos sigan en nuestras redes sociales, porque tenemos varios cursos gratuitos, como el llamado "Empréndete", que trata sobre los principios de cómo iniciar tu negocio, o bien la "Guía empresarial" o "La ruta del emprendedor". Pueden encontrarnos como **Vinculación UASLP**.

Yo siempre he pensado que con todo el conocimiento que adquirimos en este bello arte de la medicina, existen oportunidades potenciales más allá de la clínica, pero no tenemos esa visión de emprendedor, de buscar un problema, proponer una solución y que surja un negocio. Lo veo en mis compañeros, todos con el plan de atender pacientes exclusivamente, pero yo pienso que el campo de la medicina va aún más allá de esto, se necesitan personas que sepan de la biología humana en la ingeniería, en la política, entre otros.

Aún así, yo estoy impresionado con todo lo que ustedes son capaces de hacer, verlos a ustedes que me están haciendo una entrevista, que tienen una revista médica, aunque sí comentarles, que no son los primeros: llegamos a tener en este departamento dos practicantes de medicina que me hacían todos los

videos promocionales de la división, y yo me cuestionaba: ¿Qué tiene que hacer un médico haciendo videos? Los hacían perfectamente bien, les compré una pantalla verde, luces, micrófonos, soportes y fue muy interesante el resultado, no dejaba de pensar que en vez de tener un ingeniero en sistemas, tengo médicos realizando estos trabajos y lo hacen muy bien. Por eso yo estoy impresionado del área médica, porque tienen muchas habilidades; he notado que en medicina tienen un perfil muy especial.

¿Podría darnos un último mensaje para todos los estudiantes que nos leen?

Yo creo que una parte importante es la pasión, si te apasiona, hazlo. Si tienes pasión ningún obstáculo va a ser grande.

He dado muchas pláticas en temas de emprendimiento, he ido mucho a posgrado a responder la pregunta "¿cómo fondeo mis proyectos?"; lo primero es, a ver, en realidad el proyecto que te interesa, ¿te apasiona?, ¿te gusta?, y si pasa eso, de verdad, vas a conseguir dinero hasta por debajo de las piedras.

Existen 4 maneras de conseguir dinero, que yo les llamo "las 4 F": familia, *friends* (amigos), fondeadores y los *fools* (tontos que creen en tu idea); de cualquiera de estos te puede fondear, pero si de verdad te apasiona, lo vas a transmitir, y las personas se van a apasionar contigo. Existen varias páginas fondeadoras en internet, y si ustedes lo ven, les piden grabar un video en 5 minutos, explicando el proyecto, demostrando su pasión por el proyecto. Trabajen con los sentimientos, los sentimientos son los que pueden mover muchas cosas, y lo vas a lograr.

Ustedes lo van a ver con sus pacientes, si ustedes le transmiten esa seguridad a sus pacientes, se van a sentir mejor. Lo van a ver. Mucho de lo que ustedes van a trabajar con sus pacientes es el lenguaje corporal, así que, siempre sean apasionados de lo que están haciendo, sea lo que sea.

Agradecemos al Mtro. Gylmar Mariel Cárdenas por su disposición, tiempo y valiosa participación, así como por compartir sus experiencias y perspectivas para la elaboración de este manuscrito.



Declaraciones

El presente trabajo no recibió financiamiento externo. Los autores declaran no tener conflictos de interés. La participación del entrevistado fue voluntaria y se obtuvo su consentimiento para la realización de la entrevista y la publicación de su contenido. El entrevistado tuvo la oportunidad de revisar la versión final de sus declaraciones antes de su publicación.

Comparación del Desempeño Diagnóstico de los Criterios ASGE 2019 y la C-IMP para Coledocolitiasis en Pacientes Sometidos a CPRE

Óscar Manuel López-Álvarez[1], Mario Aurelio Martínez-Jiménez[1], Victor Manuel Loza-González[1], Sofia Andrade-Lara[2], Alan Franshesco Vega-Pérez[2], Jesús Guillermo Ramírez-Gallegos[2], María Fernanda Delgadillo-Ramírez[4], Fidel Francisco Bear-Morales[1], Rodrigo Villafuerte-Fernández[1], Mario Alberto Espinoza-del-Río[1], Miguel Urbina-Ruiz[1].

[1] Hospital Regional de Alta Especialidad "Dr. Ignacio Morones Prieto", San Luis Potosí, S.L.P., México.
[2] Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.
[3] Escuela de Medicina, Universidad Cuauhtémoc San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.

Autor de correspondencia: Mario A. Martínez-Jiménez, mario.jimenez@uaslp.mx
Recibido: 14 de mayo de 2026. | Aceptado: 30 de mayo de 2026.

RESUMEN

Introducción. La coledocolitiasis es una complicación frecuente de la colelitiasis (10–20%) y su diagnóstico es desafiante debido a la limitada precisión de estudios iniciales. La colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE), estándar de oro, es invasiva y conlleva riesgos, por lo que se requieren herramientas predictivas que optimicen la selección de pacientes.
Objetivo. Comparar el desempeño diagnóstico de los criterios ASGE 2019 frente al modelo predictivo C-IMP para la identificación de coledocolitiasis en pacientes sometidos a CPRE en un hospital de tercer nivel.
Sujetos y métodos. Se realizó un estudio retrospectivo, transversal, unicéntrico, que incluyó pacientes sometidos a CPRE en el Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto entre enero de 2022 y diciembre de 2024. Se analizaron variables clínicas, bioquímicas y de imagen, así como la clasificación de riesgo según ASGE 2019 y la probabilidad estimada por la C-IMP. La presencia de coledocolitiasis confirmada por CPRE se utilizó como estándar de referencia. Se calcularon sensibilidad, especificidad, valores predictivos y curvas ROC para ambos modelos.
Resultados. Se incluyeron 72 pacientes, de los cuales 49 (68.1%) presentaron coledocolitiasis. La colangitis se asoció significativamente con su presencia, mientras que la pancreatitis fue más frecuente en pacientes sin litos. El diámetro del colédoco y la probabilidad estimada por la C-IMP fueron mayores en pacientes con coledocolitiasis. La ASGE mostró sensibilidad de 73.5%, especificidad de 43.5%, valor predictivo positivo de 73.5% y negativo de 43.5% (AUC 0.59). La C-IMP presentó sensibilidad de 75.5%, especificidad de 82.6%, valor predictivo positivo de 90.2% y negativo de 61.3% (AUC 0.82), con mejor reclasificación y menor proporción de falsos positivos.
Conclusiones. Los criterios ASGE 2019 mostraron capacidad discriminativa limitada. El modelo C-IMP presentó mejor desempeño diagnóstico y podría optimizar la selección de pacientes candidatos a CPRE, reduciendo procedimientos innecesarios.

Palabras clave: CPRE, coledocolitiasis, ASGE, C-IMP.

INTRODUCCIÓN

La coledocolitiasis, caracterizada por la presencia de cálculos en el conducto biliar común (CBC), es una complicación común de la colelitiasis, con una prevalencia del 10-20% en pacientes con cálculos biliares sintomáticos [1,2]. Puede derivar en complicaciones graves como ictericia obstructiva, colangitis ascendente o pancreatitis biliar, con una mortalidad del 3-5% en casos severos [5]. En México, factores como obesidad, dietas hiperlipídicas y predisposición genética incrementan la incidencia de enfermedades biliares, subrayando su importancia clínica [1].

El diagnóstico de coledocolitiasis es complejo debido a alteraciones inespecíficas en pruebas hepáticas y la sensibilidad limitada del ultrasonido abdominal (20-80%), esta última influenciada por la experiencia del operador y la localización distal de los cálculos [2,3,6]. La colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) es el estándar de oro para diagnóstico y tratamiento, permitiendo la extracción de cálculos y el manejo de obstrucciones biliares [7]. Sin embargo, su carácter invasivo implica riesgos como pancreatitis post-CPRE (5-15%), hemorragia (1-2%) y perforación (0.6%), lo que resalta la necesidad de seleccionar cuidadosamente a los pacientes para evitar procedimientos innecesarios [2,5].

Bajo esta necesidad, se han desarrollado sistemas de estratificación de riesgo que optimizan la indicación de CPRE. La Sociedad Americana de Endoscopía Gastrointestinal (ASGE, por siglas en inglés) ha clasificado los predictores que modulan la estratificación de riesgo. En 2010, estableció predictores "muy fuertes", "fuertes" y "moderados" (Tabla 1) [8], aunque su precisión se ha visto limitada

con sensibilidades del 47-75%, especificidades del 73-83%, con CPRE negativas de hasta 20-53% [2,5]. En el contexto de colecistitis aguda, el score de alta probabilidad tiene una sensibilidad del 89% pero un valor predictivo positivo (VPP) bajo (52% vs. 71-79% en población general), resultando en un 39.3% de CPRE innecesarias, sugiriendo la necesidad de pruebas previas como la colangiopacreatografía por resonancia magnética (CPRM) o el ultrasonido endoscópico (USE) [3,9]. Para 2019, la ASGE actualizó sus criterios en ahora predictores de "alta probabilidad" e "intermedia probabilidad" (Tabla 1), eliminando factores como pancreatitis y un valor de bilirrubina entre 1.8-4 mg/dL por su bajo rendimiento [5].

Tabla 1. Predictores ASGE para la estratificación de riesgo para coledocolitiasis, en sus versiones 2010 y 2019.

ASGE 2010	ASGE 2019
"Muy fuertes": Cálculo en CBC por ultrasonido, colangitis, bilirrubina total >4 mg/dL.	**"Alta probabilidad":** Cálculo en CBC por imagen, colangitis, bilirrubina >4 mg/dL más CBC dilatado.
"Fuertes": Bilirrubina 1.8-4 mg/dL, CBC dilatado >6 mm.	**"Intermedia probabilidad":** Pruebas hepáticas anormales, edad >55 años, CBC dilatado sin bilirrubina >4 mg/dL.
"Moderados": Pruebas hepáticas anormales, edad >55 años, pancreatitis biliar.	

ASGE = American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal); CBC = conducto biliar común.

A partir de esta actualización, han surgido diversos estudios que buscaron respaldar el cambio en estos predictores y su utilidad real para optimizar la estratificación de riesgo y, por lo tanto, la disminución de procedimientos innecesarios. Dentro de estos estudios, Yousaf *et al.* reportaron para ASGE 2019 una sensibilidad del 96.6%, especificidad del 66.7% y un AUC de 0.81, aunque persistieron CPRE negativas secundarias a especificidad subóptima [2]. De manera similar, Wang *et al.* demostraron que algunos predictores incluidos en ASGE 2019 poseen alta especificidad pero baja sensibilidad, limitando su utilidad para descartar coledocolitiasis [5]. Otros estudios validaron el rendimiento de los criterios ASGE, ESGE y SAGES en distintas poblaciones, reportando sensibilidades elevadas pero especificidades variables y persistencia de procedimientos innecesarios [13-17].

Paralelamente, diversos autores destacaron el papel de herramientas complementarias como la CPRM, USE y exploración intraoperatoria del conducto biliar común para optimizar el abordaje diagnóstico y terapéutico [10,11,17,23,24]. Asimismo, se desarrollaron modelos predictivos alternativos basados en variables clínicas, bioquímicas e imagenológicas, incluyendo sistemas de puntuación simplificados y modelos aplicados a contextos específicos, con capacidades discriminativas comparables o superiores a ASGE 2019 [18-20]. Más recientemente, estudios basados en *machine learning* reportaron un rendimiento diagnóstico superior al de modelos tradicionales, evidenciando el potencial de estas tecnologías para optimizar la predicción de coledocolitiasis [21,22]. Finalmente, estudios epidemiológicos y clínicos han señalado variaciones poblacionales y limitaciones de los predictores convencionales, sugiriendo que estos pueden sobreestimar el riesgo en determinados escenarios clínicos (Tabla 2) [4,12]. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de herramientas predictivas adaptadas a contextos específicos y destacan el valor de integrar diagnóstico por imagen y modelos predictivos para optimizar el manejo.

Tabla 2. Criterios de Riesgo de Coledocolitiasis ASGE 2019.

Categoría	Criterios
Riesgo alto (>50%)	• Presencia de lito en el colédoco confirmado por ultrasonido transabdominal. • Colangitis ascendente confirmada clínicamente. • Bilirrubina total >4 mg/dL y dilatación del colédoco >6 mm (con vesícula in situ) en ultrasonido.
Riesgo intermedio (10-50%)	• Bilirrubina total >4 mg/dL (de manera aislada). • Dilatación del colédoco >6 mm (con vesícula in situ) en ultrasonido. • Pruebas de función hepática anormales (AST, ALT, fosfatasa alcalina o GGT elevadas; distintas a bilirrubina >4 mg/dL). • Edad >55 años. • Dolor abdominal biliar. • Evidencia de ictericia.
Riesgo bajo (<10%)	• Ausencia de los predictores anteriores. • Pruebas de función hepática y ultrasonido normales (sin dilatación del colédoco).

ASGE = American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal); AST = aspartato aminotransferasa; ALT = alanina aminotransferasa; GGT = gamma-glutamil transferasa.

En México, se desarrolló un modelo predictivo en el Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto, basado en una cohorte de 374 pacientes y validado en 154. Este modelo, que utiliza regresión logística con variables como edad, pancreatitis, colangitis, bilirrubina total (transformada logarítmicamente) y cálculo en CBC por ultrasonido, excluyó el diámetro del CBC por multicolinealidad. En la validación, alcanzó un área bajo la curva (AUC) de 93.81%, con sensibilidad del 80% y especificidad del 87% al ajustar el umbral de probabilidad alta a 40%, superando la precisión de ASGE 2010 (<70%) [1]. Comparado con ASGE, la Calculadora Dr. Ignacio Morones Prieto (C-IMP) reclasificó pacientes con mayor precisión, reduciendo falsos positivos; de 234 pacientes de alto riesgo por ASGE, solo 159 fueron clasificados como tales por C-IMP, con solo 30% de coledocolitiasis en los reclasificados a riesgo intermedio [1]. Implementado en una calculadora en línea, este modelo optimiza la selección de pacientes para CPRE en entornos de recursos limitados [1].

La comparación entre ASGE 2019 y C-IMP es relevante, ya que ambas buscan minimizar CPRE innecesarias, pero difieren en enfoque: ASGE utiliza criterios categóricos, mientras C-IMP emplea un modelo continuo. Aunque ASGE 2019 mejora la especificidad respecto a 2010, su rendimiento es subóptimo para excluir coledocolitiasis [2], mientras C-IMP promete mayor exactitud en contextos mexicanos [1]. La validación de C-IMP frente a ASGE 2019 en pacientes con CPRE requiere más estudios, especialmente fuera de México, justificando investigaciones locales para optimizar el manejo y reducir la carga de procedimientos invasivos. Prácticamente, identificar la herramienta más precisa mejorará la selección de pacientes para CPRE en hospitales de referencia, dicho procedimiento dependiente de la experiencia del gastroenterólogo que

la realiza de acuerdo a su curva de aprendizaje, reduciendo complicaciones y costos asociados a procedimientos evitables. Socialmente, optimizar el manejo de la coledocolitiasis en un país con alta prevalencia de enfermedades biliares mejorará la calidad de atención en el sistema de salud pública, como en el Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto. Por ello, este estudio busca comparar el desempeño diagnóstico de los criterios ASGE 2019 frente al modelo predictivo C-IMP para la identificación de coledocolitiasis en pacientes sometidos a CPRE en un hospital de tercer nivel, proporcionando evidencia para guiar decisiones clínicas, maximizando los recursos y beneficiando a los pacientes con un diagnóstico más certero.

METODOLOGÍA

- **Diseño y sujetos**

Se desarrolló un estudio observacional, analítico, retrospectivo y transversal, tomando una cohorte de pacientes del Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto en San Luis Potosí, México, atendidos entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

Se incluyeron pacientes mayores de 18 años al momento de la realización de la CPRE, pacientes sometidos a CPRE por sospecha clínica o confirmada de coledocolitiasis, con expedientes completos (incluyendo pruebas de función hepática con bilirrubina y transaminasas; reporte de ultrasonido abdominal con diámetro o presencia de cálculos en el CBC; antecedentes clínicos relevantes como pancreatitis, colangitis, ictericia; y resultados de la CPRE con presencia o ausencia de coledocolitiasis).

Se excluyeron pacientes menores de 18 años, con indicación de CPRE distinta a coledocolitiasis, con expedientes incompletos, con antecedente de cirugía biliar, y con enfermedades hepáticas crónicas o colestasis extrahepática no relacionada con coledocolitiasis. Se eliminaron pacientes con CPRE no concluyente, datos contradictorios, errores de registro o registros duplicados, y con CPRE fallida.

Tabla 3. Variables analizadas en el estudio.

Variable	Definición operacional	Valores posibles	Unidades	Tipo de variable
Dependiente				
Coledocolitiasis	Confirmación de cálculos en el conducto biliar común mediante CPRE.	Si / No	Sin unidades	Dicotómica
Independiente				
Clasificación ASGE 2019	Sistema de predicción de coledocolitiasis basado en criterios de alta, intermedia o baja probabilidad, según la presencia de predictores (ej. cálculo en CBC, bilirrubina >4 mg/dL, colangitis).	Alta probabilidad Intermedia probabilidad Baja probabilidad	Sin unidades	Cualitativa ordinal
C-IMP	Modelo predictivo continuo de coledocolitiasis basado en variables como edad, bilirrubina (logarítmica), pancreatitis y colangitis, que genera una probabilidad numérica.	0 a 100	Porcentaje (%)	Cuantitativa de razón
Variables de control (confusoras)				
Edad	Edad del paciente al momento de la CPRE.	18 a 100	Años	Cuantitativa de razón
Sexo	Género biológico del paciente.	Masculino Femenino	Sin unidades	Cualitativa nominal
Colangitis	Diagnóstico de colangitis basado en los criterios Tokyo 2018.	Si / No	Sin unidades	Dicotómica
Pancreatitis post-CPRE	Diagnóstico de pancreatitis aguda posterior a la CPRE, documentado en el expediente dentro de los 7 días posteriores al procedimiento, basado en criterios clínicos (dolor abdominal, elevación de amilasa/lipasa >3 veces el límite normal) o confirmación médica.	Si / No	Sin unidades	Dicotómica

Continuación

Hemorragia relacionada con la CPRE	Hemorragia atribuible a la CPRE (esfinterotomía, hematoma) documentado en el expediente dentro de los 7 días posteriores a procedimiento.	Si / No	Sin unidades	Dicotómica
Perforación	Perforación del conducto biliar, duodeno u otra estructura relacionada con la CPRE, documentada en el expediente dentro de los 7 días posteriores al procedimiento identificado por imagen o intervención quirúrgica.	Si / No	Sin unidades	Dicotómica

CPRE = colangiopancreatografía retrógrada endoscópica; ASGE = American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal); CBC = conducto biliar común; C-IMP = Calculadora Ignacio Morones Prieto.

- **Análisis estadístico**

El procesamiento y análisis de los datos se llevó a cabo mediante el programa IBM SPSS Statistics (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Las variables cualitativas se expresaron como frecuencias absolutas y proporciones, mientras que las variables cuantitativas se describieron utilizando medidas de tendencia central y de dispersión (Tabla 3).

La comparación de las variables cualitativas entre los grupos con y sin coledocolitiasis confirmada por CPRE se realizó mediante la prueba de Chi cuadrada de Pearson o la prueba exacta de Fisher, de acuerdo con el tamaño de las frecuencias esperadas. Para las variables cuantitativas, aquellas con distribución normal se compararon utilizando la prueba t de Student para muestras independientes, mientras que las variables con distribución no normal se analizaron mediante la prueba U de Mann-Whitney.

La evaluación del desempeño diagnóstico de la clasificación ASGE 2019 y de la C-IMP se efectuó utilizando como estándar de referencia la confirmación de coledocolitiasis mediante CPRE. Para cada modelo se estimaron los parámetros de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo, mediante la construcción de tablas de contingencia 2×2.

Adicionalmente, se generaron curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) para ambos modelos con el objetivo de analizar su capacidad discriminativa global. Se calculó el área bajo la curva (AUC) junto con su intervalo de confianza del 95%, el error estándar y el valor de significancia estadística. La comparación del rendimiento diagnóstico se realizó de forma descriptiva a partir de los valores de AUC, considerando una mayor capacidad discriminativa aquellos valores más cercanos a la unidad. Para todas las pruebas estadísticas se estableció un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los resultados se presentan mediante tablas y figuras con el fin de facilitar su interpretación.

- **Consideraciones éticas**

La investigación cumplió rigurosamente con los principios éticos de la Declaración de Helsinki (2013, revisada en 2024) y la normativa mexicana vigente. Se garantizó la protección de los datos, asegurando que el uso de información de expedientes clínicos no permita la identificación de los pacientes, en cumplimiento con la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados.

El estudio se consideró sin riesgo, ya que utilizó datos de expedientes clínicos de forma retrospectiva, conforme al Artículo 17, Fracción I del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, obteniendo permiso expreso de la institución de salud que custodia los expedientes conforme a la NOM-004-SSA3-2012.

El protocolo fue evaluado y aprobado por el Comité de Investigación con registro en COFEPRIS 17 CI 24 028 093, y por el Comité de Ética en Investigación con registro CONBIOÉTICA-24-CEI-001-20160427, conforme a la NOM-012-SSA3-2012 y NOM-168-SSA1-1998.

RESULTADOS

Durante el periodo del 1° de enero de 2022 al 31 de diciembre de 2024, se realizaron un total de 116 CPRE en el Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto, de los cuales se excluyeron 44 registros siguiendo los criterios establecidos, dejando un total de 72 pacientes incluidos en el estudio (ver en Figura 1).

La mediana de edad de la población del estudio fue 45.5 años [IQR:29.25-65.75], 72.2% (n=52) correspondiendo al sexo femenino. La distribución de edad fue comparable entre los grupos, con edades medias de 44.4 (±20.4) y 47 (10-84) para pacientes sin coledocolitiasis y con coledocolitiasis confirmada por CPRE (p= 0.38).

No hubo diferencias significativas en la distribución del sexo en los grupos (p=0.82).

Se observó una mayor frecuencia de colangitis en los paciente con coledocolitiasis confirmada (p=0.29) así como menor frecuencia de pancreatitis (p= 0.12). No hubo diferencia significativa en la presencia de lito en colédoco demostrado por ultrasonido, clasificación de la ASGE y complicaciones entre los dos grupos.

Cabe destacar que más de la mitad de los pacientes sin coledocolitiasis fueron clasificados como riesgo alto de coledocolitiasis (ver en Tabla 4).

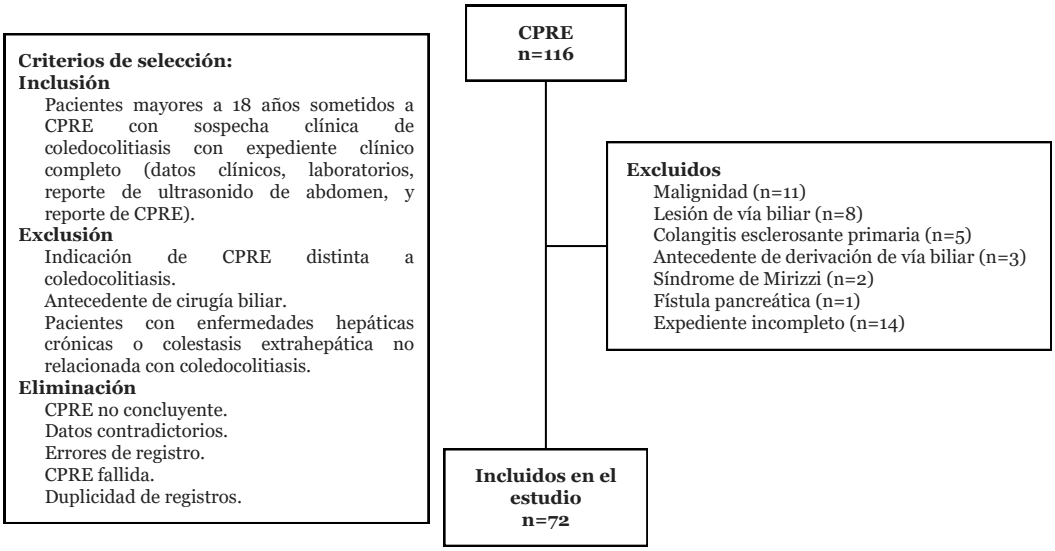


Figura 1. Diagrama de flujo para selección de pacientes, con criterios de inclusión, exclusión y eliminación. *CPRE = colangiopancreatografía retrógrada endoscópica.*

Tabla 4. Análisis de las variables cualitativas.

Coledocolitiasis confirmada	**No** (n=23)	**Si** (n=49)	**Valor de *p***
Sexo Femenino (%)	17 (73.9%)	35 (71.4%)	.82
Pancreatitis (%)	12 (52.2%)	11 (22.4%)	.012*
Colangitis (%)	2 (8.7%)	16 (32.6%)	.029*
LCUS (%)	0 (0%)	6 (12.2%)	.09
ASGE (%)			
Bajo	1 (4.3%)	0	.165
Moderado	9 (39.1%)	13 (26.5%)	
Alto	13 (56.5%)	36 (73.5%)	
Complicaciones (%)	4 (17.4%)	7 (14.3%)	.48

*El signo * representa significancia estadística <.05. LCUS = lito en colédoco visualizado por ultrasonido; ASGE = American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal).*

En el grupo de coledocolitiasis confirmada se observó mayor diámetro de colédoco ($p < 0.05$) y mayor porcentaje en la C-IMP ($p < 0.05$). No se observaron diferencias significativas en edad, bilirrubina total y bilirrubina directa entre los dos grupos (ver en Tabla 5).

De los 72 pacientes, 49 (68.1%) fueron clasificados con riesgo alto de coledocolitiasis de los cuales 36 (73.5%) se confirmó la presencia de coledocolitiasis por CPRE. En nuestro estudio se mostró una sensibilidad 73.5%, especificidad 43.5%, valor predictivo positivo 73.5% y valor predictivo negativo 43.5% para la clasificación de riesgo alto de coledocolitiasis según la ASGE (ver en Tabla 6).

En cambio, mediante el empleo de la C-IMP, 41 pacientes (56.9%) fueron clasificados como riesgo alto de coledocolitiasis (>50%) de los cuales 37 (90.2%) se confirmó la presencia de coledocolitiasis. Esto representa una sensibilidad de 75.5%, especificidad de 82.6%, valor predictivo positivo de 90.2% y valor predictivo negativo de 61.3% para la clasificación de riesgo alto de coledocolitiasis de la C-IMP (ver en Tabla 7).

Tomando esto en cuenta, de 49 pacientes que habían sido clasificados como riesgo alto de coledocolitiasis por la ASGE, únicamente 37 de ellos se reclasificaron como riesgo alto por la C-IMP (ver en Tabla 8).

Se realizó curva ROC para los criterios de la ASGE obteniendo un AUC de 0.59, con un error estándar de .074 (IC 95%: .445-.736; p= .218), indicativo de una capacidad discriminativa limitada de los criterios de la ASGE para identificar coledocolitiasis en este grupo poblacional.

En contraste el AUC para la C-IMP fue de .82 con un error estándar de .048 (IC 95%: .73-.92; p <0.001), indicativo de una buena capacidad discriminativa del modelo para identificar coledocolitiasis (Figura 2).

Tabla 5. Estadísticas descriptivas de las variables cuantitativas.

Coledocolitiasis confirmada	**No** (n=23)	**Si** (n=49)	**Valor de *p***
Edad (años)	44.4±20.4	47 (10-84)	.38
Bilirrubina total (mg/dl)	4.2 (2.8-5.6)	5.8 (.4-12.1)	.07
Bilirrubina directa (mg/dl)	3±1.9	4.3 (.1-9.4)	.09
Diámetro de colédoco (mm)	6 (4-8)	10.1±4.4	.05*
C-IMP	33.9±20.4	71.7(26.6-116.8)	.05*

*El signo * representa significancia estadística <.05. C-IMP = Calculadora Ignacio Morones Prieto.*

Tabla 6. Comparación de los pacientes sin y con coledocolitiasis clasificados según la ASGE.

Clasificación ASGE	**Coledocolitiasis negativa**	**Coledocolitiasis confirmada**
Moderado n=23 (31.9%)	10 (43.5%)	13 (56.5%)
Alto n=49 (68.1%)	13 (26.5%)	36 (73.5%)

ASGE = American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal).

Tabla 7. Comparación de los pacientes sin y con coledocolitiasis clasificados por la C-IMP.

C-IMP	**Coledocolitiasis negativa**	**Coledocolitiasis confirmada**
Moderado n=31 (43.1%)	19 (61.3%)	12 (38.7%)
Alto n=41 (56.9%)	4 (9.8%)	37 (90.2%)

C-IMP = Calculadora Ignacio Morones Prieto.

Tabla 8. Reclasificación a C-IMP de los pacientes con riesgo moderado y alto de coledocolitiasis por la ASGE.

ASGE	**C-IMP Moderado**	**C-IMP Alto**
Moderado n=23	19 (82.6%)	4 (17.4%)
Alto n=49	12 (24.5%)	37 (75.5%)

ASGE = American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal); C-IMP = Calculadora Ignacio Morones Prieto.

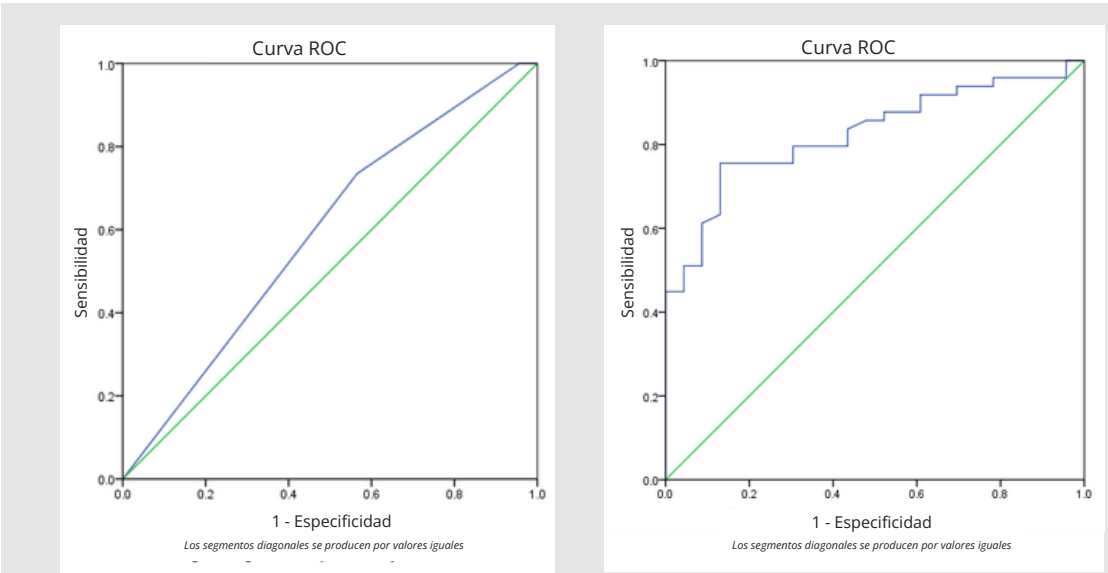


Figura 2. Curvas ROC para los criterios de la ASGE (izquierda) y la C-IMP (derecha).

DISCUSIÓN

El presente estudio comparó el desempeño de los criterios de estratificación de riesgo para coledocolitiasis propuestos por la ASGE 2019 frente al modelo C-IMP en una cohorte de pacientes sometidos a CPRE en un hospital de tercer nivel en México. En esta población, la clasificación de alto riesgo según ASGE mostró una capacidad discriminativa limitada, mientras que el modelo C-IMP presentó un rendimiento diagnóstico superior, con mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad y una reducción en la indicación innecesaria de CPRE.

La prevalencia de coledocolitiasis confirmada fue elevada (68.1%), consistente con una población seleccionada para procedimientos invasivos. No se observaron diferencias en edad ni sexo entre pacientes con y sin coledocolitiasis, en concordancia con lo reportado por Yousaf *et al.* y Hasak *et al.* [2,16], lo que refuerza que la predicción depende principalmente de variables clínicas y bioquímicas.

En el análisis clínico, la colangitis se asoció significativamente con la presencia de coledocolitiasis, consolidándose como un marcador confiable de obstrucción biliar. Por el contrario, la pancreatitis fue más frecuente en pacientes sin litos en colédoco, lo que respalda su limitado valor como predictor y su exclusión de los criterios ASGE 2019 [5,14].

Desde el punto de vista bioquímico, aunque la bilirrubina mostró una tendencia a valores más elevados en pacientes con coledocolitiasis, no alcanzó significancia estadística, lo que confirma su limitado valor diagnóstico cuando se utiliza de forma aislada [1]. En contraste, el diámetro del colédoco fue significativamente mayor en pacientes con coledocolitiasis, lo que reafirma su utilidad como predictor anatómico de obstrucción biliar, con alta especificidad aunque sensibilidad variable [5].

El desempeño de la ASGE fue subóptimo. Aunque el 68.1% de los pacientes fueron clasificados como de alto riesgo, solo el 73.5% presentó coledocolitiasis confirmada, lo que se traduce en una especificidad baja (43.5%) y una proporción relevante de falsos positivos. Estos hallazgos son consistentes con reportes internacionales [2,16] y evidencian el riesgo de sobreindicación de CPRE cuando se emplean criterios categóricos en poblaciones con características clínicas distintas.

En contraste, el modelo C-IMP demostró un mejor desempeño diagnóstico. Con un punto de corte >50%, alcanzó una especificidad del 82.6% y un valor predictivo positivo del 90.2%, con sensibilidad comparable a la ASGE, lo que permitió una reclasificación más precisa y una reducción significativa de falsos positivos. De manera relevante, de los 49 pacientes clasificados como de alto riesgo por ASGE, sólo 37 fueron confirmados por C-IMP, concentrando en este subgrupo la mayoría de los casos verdaderos. Este comportamiento es consistente con lo descrito por Huerta-Reyna *et al.* [1].

El análisis mediante curvas ROC refuerza estos hallazgos. La ASGE mostró un AUC de 0.59, indicativo de una capacidad discriminativa pobre y no significativamente distinta del azar, inferior a lo reportado previamente (~0.80) [2,16]. Esta discrepancia puede explicarse por diferencias en la población, el tamaño muestral y el contexto clínico, particularmente la alta proporción de pacientes con colecistitis aguda y alteraciones bioquímicas inespecíficas [6]. En contraste, el modelo C-IMP alcanzó un AUC de 0.82, consistente con su validación original y comparable con otros modelos predictivos contemporáneos, incluidos aquellos basados en machine learning [1,21].

Desde una perspectiva clínica, la CPRE es un procedimiento eficaz pero no exento de riesgos, por lo que la reducción de procedimientos innecesarios constituye una prioridad. En este contexto, el uso de modelos como C-IMP permite una selección más precisa de pacientes candidatos a CPRE, particularmente en entornos con acceso limitado a CPRM o USE, favoreciendo decisiones basadas en probabilidad más que en categorías rígidas.

- **Limitaciones y perspectivas**

Este estudio presenta limitaciones inherentes a su diseño retrospectivo, unicéntrico y con tamaño muestral limitado, lo que puede afectar la generalización de los resultados. La inclusión exclusiva de pacientes sometidos a CPRE condiciona una cohorte con alta sospecha clínica, lo que explica la elevada prevalencia observada y puede influir en los valores predictivos.

El tamaño muestral reducido limita la precisión de las estimaciones y el análisis por subgrupos clínicos. Además, el uso de la CPRE como estándar de referencia puede dar lugar a falsos negativos debido a la migración espontánea de litos. Tampoco se evaluaron estrategias diagnósticas escalonadas mediante métodos no invasivos, ni otros marcadores bioquímicos potencialmente relevantes, ni la variabilidad interobservador en la medición del diámetro del colédoco.

A pesar de estas limitaciones, los resultados abren líneas relevantes de investigación. Se requieren estudios prospectivos y multicéntricos que permitan validar el desempeño del modelo C-IMP en distintos escenarios clínicos y poblaciones, así como evaluar su impacto en términos de costo-efectividad. Asimismo, su integración en algoritmos diagnósticos que incorporen CPRM o USE podría optimizar aún más la selección de pacientes para CPRE. Finalmente, el desarrollo de modelos predictivos dinámicos basados en aprendizaje automático representa una oportunidad para mejorar la precisión diagnóstica y avanzar hacia un enfoque más personalizado.

CONCLUSIONES

Los criterios ASGE 2019 continúan siendo una herramienta ampliamente utilizada para la estratificación inicial de pacientes con sospecha de coledocolitiasis; sin embargo, en la población analizada mostraron una capacidad discriminativa limitada, con una proporción importante de falsos positivos y potencial sobreindicación de CPRE. En contraste, el

modelo C-IMP demostró un mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad, así como una mayor capacidad para identificar pacientes con alta probabilidad de coledocolitiasis confirmada.

Estos hallazgos sugieren que los modelos predictivos continuos basados en variables clínicas, bioquímicas e imagenológicas podrían representar una alternativa más precisa frente a los sistemas categóricos tradicionales, particularmente en poblaciones con características clínicas distintas a aquellas en las que se desarrollaron las guías internacionales. La capacidad de C-IMP para reclasificar pacientes inicialmente considerados de alto riesgo por ASGE resalta su potencial utilidad para optimizar la selección de candidatos a CPRE y disminuir procedimientos innecesarios asociados a morbilidad, costos y utilización de recursos hospitalarios.

Asimismo, los resultados observados respaldan la importancia de desarrollar y validar herramientas diagnósticas adaptadas al contexto local, especialmente en entornos donde el acceso a métodos complementarios como CPRM o USE puede ser limitado. En este sentido, la integración de modelos predictivos dinámicos dentro de algoritmos diagnósticos escalonados podría contribuir a una toma de decisiones más individualizada y eficiente.

Si bien estos resultados son prometedores, se requieren estudios prospectivos, multicéntricos y con mayor tamaño muestral que permitan confirmar el desempeño del modelo en distintos escenarios clínicos, evaluar su reproducibilidad y determinar su impacto sobre desenlaces clínicos, costo-efectividad y reducción de CPRE innecesarias.

Agradecimientos

Se agradece la asesoría del Dr. Mario Martínez durante la realización del estudio, así como el apoyo del Dr. Víctor Loza en el análisis estadístico. Se reconocen igualmente las observaciones realizadas que contribuyeron a la mejora del manuscrito. Finalmente, se agradece al Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto por las facilidades otorgadas para la ejecución del estudio, así como a los pacientes, quienes constituyen la base de la formación médica y la investigación clínica.

Financiamiento

El presente trabajo no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés

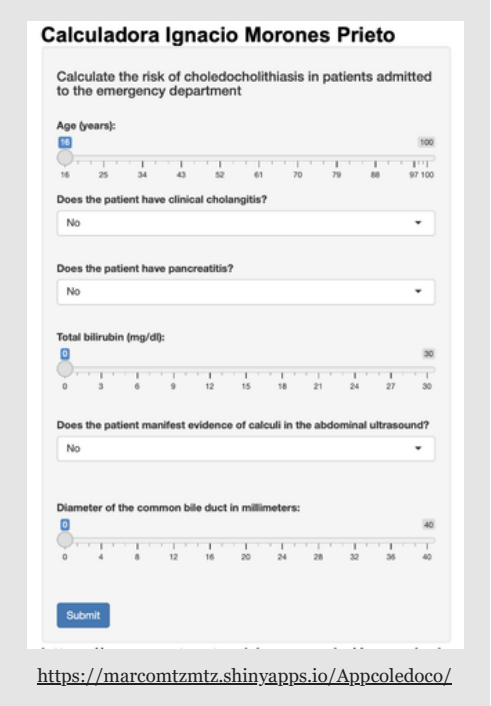
Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó conforme a la Declaración de Helsinki (2013, revisada en 2024) y la normativa mexicana vigente en materia de investigación en salud. Se trató de un estudio sin riesgo al emplear información de expedientes clínicos de manera retrospectiva, garantizando la confidencialidad y anonimización de los datos en cumplimiento con la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados y la NOM-004-SSA3-2012. El protocolo fue aprobado por el Comité de Investigación con registro COFEPRIS 17 CI 24 028 093 y por el Comité de Ética en Investigación con registro CONBIOÉTICA-24-CEI-001-20160427, en apego a la NOM-012-SSA3-2012 y la NOM-168-SSA1-1998.

ANEXOS

Anexo 1. Calculadora Dr. Ignacio Morones Prieto (C-IMP)



https://marcomtzmtz.shinyapps.io/Appcoledoco/

REFERENCIAS

1. Huerta-Reyna JA, Ramírez-García JJ, Martínez-González E, García-Flores JS, Cantú-Martínez PC, Flores-Aldana LA, et al. Development and validation of a predictive model for the diagnosis of common bile duct stones prior to cholecystectomy. Surg Endosc. 2024;38(1):96-104.
2. Yousaf MN, Mahmud Y, Sarwar S, Ahmad MN, Ahmad M, Abbas G. Predicting common bile duct stones: comparison of SAGES, ASGE and ESGE criteria for accuracy. Pak J Med Sci. 2022;38(8):2095-100.
3. Gouveia C, Loureiro R, Ferreira R, Oliveira Ferreira A, Santos AA, Costa Santos MP, et al. Performance of the choledocholithiasis diagnostic score in patients with acute cholecystitis. GE Port J Gastroenterol. 2018;25(1):24-9.
4. Videhult P, Sandblom G, Rudberg C, Rasmussen IC. Are liver function tests, pancreatitis and cholecystitis predictors of common bile duct stones? Results of a prospective, population-based, cohort study of 1171 patients undergoing cholecystectomy. HPB (Oxford). 2011;13(8):519-27.
5. Wang T, Zhong M, Luo H, Zhao Y, Zhou Y, He J, et al. Predictors for choledocholithiasis in patients undergoing endoscopic retrograde cholangiopancreatography: a systematic review and meta-analysis. Surg Endosc. 2022;36(6):3567-80.

6. Stott MA, Farrands PA, Guyer PB, Dewbury KC, Browning JJ, Sutton R. Ultrasound of the common bile duct in patients undergoing cholecystectomy. J Clin Ultrasound. 1991;19(2):73-6.
7. Williams E, Beckingham I, El Sayed G, Gurusamy K, Sturgess R, Webster G, et al. Updated guideline on the management of common bile duct stones (CBDS). Gut. 2017;66(5):765-82.
8. ASGE Standards of Practice Committee, Maple JT, Ben-Menachem T, Anderson MA, Appalaneni V, Banerjee S, et al. The role of endoscopy in the evaluation of suspected choledocholithiasis. Gastrointest Endosc. 2010;71(1):1-9.
9. Meeralam Y, Al-Shammari K, Yaghoobi M. Diagnostic accuracy of EUS compared with MRCP in detecting choledocholithiasis: a meta-analysis. Gastrointest Endosc. 2017;85(5):AB360-1.
10. Narula VK, Fung EC, Overby DW, Richardson W, Stefanidis D. Clinical practice guidelines for the management of choledocholithiasis. Surg Endosc. 2020;34(8):3313-25.
11. Costi R, Gnocchi A, Di Mario F, Sarli L. Diagnosis and management of choledocholithiasis in the golden age of imaging, endoscopy and laparoscopy. World J Gastroenterol. 2014;20(37):13382-401.
12. Freitas ML, Bell RL, Duffy AJ. Choledocholithiasis: evolving standards for diagnosis and management. World J Gastroenterol. 2006;12(20):3162-7.
13. Jagtap N, Sivanand N, Premkumar M, Reddy S, Tandan M, Lakhtakia S, et al. Accuracy of ASGE, ESGE, and SAGES criteria for predicting choledocholithiasis: a prospective study. Surg Endosc. 2022;36(8):6068-75.
14. He H, Tan C, Wu J, Dai N, Hu W, Zhang Y, et al. Accuracy of ASGE high-risk criteria in evaluation of patients with suspected common bile duct stones. Gastrointest Endosc. 2017;86(3):525-32.
15. Singhvi G, Ampara R, Baum J, Gumaste V. ASGE guidelines result in cost-saving in the management of choledocholithiasis. Ann Gastroenterol. 2016;29(1):85-90.
15. Hasak S, Darwish M, Kushnir V, Mullady D, Lang G, Early D, et al. Validation of ASGE 2019 guidelines for suspected choledocholithiasis. Surg Endosc. 2022;36(11):8113-20.
16. Sadeghi A, Asgari AA, Asgari A, Tofighi M, Rahimi F, Asadzadeh Aghdaei H, et al. Evaluation of ASGE criteria in patients with suspected choledocholithiasis: benefits of endoscopic ultrasound prior to ERCP. Med J Islam Repub Iran. 2023;37:10.
17. Ren J, Li J, Wang J, Mao W, Jin Z, Zhou Y, et al. Development of a predictive tool for common bile duct stones during emergency cholecystectomy. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2023;33(4):364-70.
18. Al-Jiffry BO, Khayat S, Abdeen E, Hussain T, Yassin M. A scoring system for the prediction of choledocholithiasis: a prospective cohort study. Ann Saudi Med. 2016;36(1):57-63.
19. Bueno Lledó J, Ibáñez Cirión JL, Torregrosa Gallud A, Vaello Sempere V, García Granero E. Design of a preoperative predictive score for choledocholithiasis. Gastroenterol Hepatol. 2014;37(6):323-9.
20. Dalai P, Goyal A, Thulkar S, Gamanagatti S, Madhusudhan KS. Predicting choledocholithiasis: a comparison of different non-invasive predictors and their performance in machine learning models. Abdom Radiol (NY). 2021;46(12):5662-71.
21. Floan Sachs G, Owodunni OP, Holzmacher JL, Sheu C, Ojo A, Ng T, et al. Machine learning to predict pediatric choledocholithiasis: a Western Pediatric Surgery Research Consortium study. Surgery. 2023;174(4):997-1002.
22. Nebiker CA, Baierlein SA, Beck S, von Flüe M, Ackermann C, Peterli R. Is routine MR cholangiopancreatography (MRCP) justified prior to cholecystectomy? Langenbecks Arch Surg. 2009;394(6):1005-10.
23. Peng WK, Sheikh Z, Nixon SJ, Paterson-Brown S. Role of laparoscopic cholecystectomy in the early management of acute gallbladder disease. Br J Surg. 2005;92(5):586-91.

Esta página se ha dejado en blanco intencionadamente

Salud Mental en la Era Digital: Una Revisión Sistemática Sobre Síntomas Ansioso-Depresivos Asociados al Uso de Redes Sociales en los Jóvenes

Maximiliano Nazarín-Cibrián[1], Mónica Paola Guerrero-Covarrubias[1], Amely Olalde-Apaseo[1], Dayana Pérez-Saenzpardo[2], Luis Eduardo Valdez-García[3], Jesús Galván-Molina[4].

[1] Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.
[2] Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara, Lagos de Moreno, Jalisco, México.
[3] Clínica Psiquiátrica Dr. Everardo Neumann Peña, San Luis Potosí, S.L.P., México.
[4] Departamento de Psiquiatría, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.

Autor de correspondencia: Maximiliano Nazarín-Cibrián, nazarincibrianmaximiliano@gmail.com
Recibido: 17 de abril de 2026. | Aceptado: 3 de mayo de 2026.

RESUMEN

Introducción: El creciente uso de redes sociales en adolescentes coincide con un aumento en los síntomas ansiosos y depresivos en este grupo etario. Si bien las plataformas digitales son centrales en el desarrollo adolescente, la exposición continua a videos de formato corto y los patrones de uso compulsivo aumentan el riesgo de presentar alteraciones psicológicas. No obstante, la falta de estandarización en la literatura previa evidencia la necesidad de realizar esta revisión para clarificar el conocimiento actual.
Objetivo: Analizar la evidencia científica sobre la relación entre el uso de plataformas digitales y los síntomas ansioso-depresivos en jóvenes, evaluando factores de riesgo como el uso problemático de estas y las limitaciones metodológicas actuales.
Metodología: Se realizó una revisión sistemática cualitativa recuperando artículos de las bases de datos PubMed, SciELO y LILACS. La estrategia de búsqueda incluyó estudios observacionales y de revisión publicados en los últimos 5 años. Tras aplicar los criterios de selección, se incluyeron 21 artículos, de los cuales 9 fueron estudios primarios (6 transversales, 2 longitudinales y 1 de cohorte prospectivo) que conformaron la síntesis cualitativa final.
Resultados: La evidencia demostró una correlación significativa entre el uso de redes sociales y el desarrollo de sintomatología ansiosa y depresiva. Se observó que el deterioro de la salud mental de los usuarios no depende exclusivamente del tiempo de exposición, sino primordialmente del uso problemático de las redes sociales. Se destacó el impacto de plataformas con formato de video corto y algoritmos de recompensa variable (ej. TikTok), los cuales aceleran la dependencia de los usuarios.
Conclusiones: El uso problemático de los medios digitales actúa como un factor de estrés crónico para los jóvenes, lo que demanda intervenciones para un uso saludable. Sin embargo, la evidencia actual presentó limitaciones para establecer una causalidad debido a sesgos de autoinforme, la presencia de variables mediadoras como la comparación social, y una notable falta de homogeneidad geográfica en las muestras estudiadas.

Palabras clave: redes sociales, depresión, ansiedad, jóvenes.

INTRODUCCIÓN

En la última década, el uso de las redes sociales y de otras plataformas digitales se ha incrementado de forma sostenida entre adolescentes, convirtiéndose en un componente central de la interacción social, el ocio y la construcción identitaria en etapas críticas del desarrollo de las personas. Paralelamente, el aumento en la prevalencia de síntomas depresivos y ansiosos en la población joven ha motivado un creciente interés por explorar la posible contribución del entorno digital a este fenómeno.

En este contexto, una revisión cuantitativa de la evidencia disponible ha demostrado que un mayor tiempo de exposición a redes sociales se asocia con un incremento del riesgo de depresión en adolescentes, observándose además una relación dosis-respuesta lineal, con un aumento del riesgo por cada hora de uso diario, así como una asociación más marcada en mujeres [1]. No obstante, la relación entre las redes sociales y la salud mental no parece depender exclusivamente del tiempo de exposición. Evidencia reciente indica que tanto el uso general de redes sociales como, en mayor medida, su uso problemático —entendido como un patrón de uso que no involucra únicamente el tiempo de uso, sino un comportamiento compulsivo y desadaptativo que genera un deterioro significativo en el funcionamiento diario del individuo —, se asocia con depresión, ansiedad, alteraciones del sueño y disminución del bienestar en la población, aunque con grados variables de magnitud y consistencia [2]. En particular, el uso problemático de redes sociales ha mostrado asociaciones más significativas con desenlaces adversos, lo cual sugiere

que la cualidad de la interacción con estas plataformas digitales podría ser más relevante que el tiempo de uso de las mismas [1,2]. Sin embargo, la diversidad en las definiciones operativas, los instrumentos de medición y los desenlaces evaluados limita la comparabilidad entre investigaciones y dificulta establecer conclusiones uniformes [3].

En años recientes, el análisis se ha desplazado hacia plataformas específicas basadas en videos de formato corto, las cuales han adquirido una relevancia particular por sus características estructurales como la personalización algorítmica, el desplazamiento infinito y la exposición continua a contenido altamente estimulante. La evidencia sugiere que estas plataformas se pueden asociar a un mayor uso problemático y peores indicadores de salud mental, en especial ansiedad, estrés y depresión, aunque la solidez de los hallazgos sigue limitada por la heterogeneidad metodológica [4,5]. También se han descrito factores de vulnerabilidad como neuroticismo, menor nivel socioeconómico y patrones compulsivos de interacción digital, lo que sugiere que ciertos perfiles de uso podrían representar un mayor riesgo psicológico [6].

A pesar del crecimiento de la literatura, persisten limitaciones importantes entre las que destacan el predominio de diseños observacionales, la dependencia de medidas autoinformadas y la falta de estandarización en la definición del uso problemático de redes sociales. En consecuencia, sigue siendo necesario sintetizar críticamente la evidencia disponible para identificar patrones consistentes, vacíos de conocimiento y limitaciones metodológicas. Por ello, el objetivo de la presente revisión sistemática fue analizar la evidencia científica sobre la asociación entre el uso de redes sociales y la presencia de síntomas ansioso-depresivos en población joven.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática para examinar la relación entre el uso de las redes sociales y los síntomas de ansiedad y depresión en los jóvenes. La revisión se llevó a cabo siguiendo la declaración de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) de 2020. Debido a la considerable heterogeneidad entre los estudios incluidos, no se realizó ningún meta-análisis, realizando el análisis de los datos de forma narrativa.

- **Estrategia de búsqueda**

El 19 de diciembre de 2025 se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las siguientes bases de datos: PubMed, SciELO y LILACS. Los estudios elegibles se limitaron a publicaciones en inglés y español. Se aplicó la misma estrategia de búsqueda en las tres bases de datos: *(Adolescent[Mesh] OR "Young Adult"[Mesh] OR youth OR teenagers) AND ("Social Media"[Mesh] OR "Social Networking"[Mesh] OR "Instagram" OR "TikTok") AND (Depression[Mesh] OR Anxiety[Mesh] OR "mental health")*.

- **Criterios de elegibilidad y selección**

Los estudios se consideraron elegibles si: 1) se centraban en una población de jóvenes (adolescentes, según la definición de los estudios originales, sin imponer un límite de edad previo); 2) evaluaban el uso de las redes sociales (uso general y/o uso específico de una plataforma); y 3) informaban de resultados relacionados con síntomas de ansiedad y/o depresión (o indicadores de salud mental más amplios que incluyeran estos resultados). Se excluyeron los estudios que no cumplían con estos criterios, carecían de información suficiente sobre los resultados o no estaban disponibles en su versión completa.

Dos revisores evaluaron de manera independiente los títulos y los resúmenes para determinar su elegibilidad. Se obtuvieron los artículos completos de los registros potencialmente relevantes y fueron evaluados de forma independiente por los mismos dos revisores. Las discrepancias se resolvieron mediante debate y consenso.

- **Extracción de datos y calidad metodológica**

Se utilizó un formato de extracción estandarizado para recopilar los siguientes datos de los artículos: autores/años, diseño del estudio, características de la muestra (tamaño de la muestra y grupo de edad), definición y medición de la exposición (uso de redes sociales y/o su uso problemático), definición y medición de los resultados (instrumentos de evaluación de la ansiedad/depresión cuando se indicaron), y los principales hallazgos (incluidas las medidas de asociación cuando estaban disponibles). La extracción de datos fue realizada por dos revisores.

Tres revisores evaluaron de forma independiente la calidad metodológica y el riesgo de sesgo utilizando las herramientas de evaluación crítica del Instituto Joanna Briggs (JBI, por sus siglas en inglés), seleccionando la lista de verificación adecuada según el diseño del estudio. Los estudios transversales se evaluaron utilizando la lista de verificación crítica del JBI para estudios transversales analíticos. Los estudios observacionales longitudinales y estudios de cohorte prospectivo se evaluaron utilizando la lista de verificación de evaluación crítica del JBI para estudios de cohorte. Por su parte, la calidad metodológica de las revisiones sistemáticas y meta-análisis incluidas para la contextualización de la literatura, se evaluaron mediante la lista de verificación de evaluación crítica del JBI para Revisiones Sistemáticas y Síntesis de Investigación.

Cada ítem se calificó como «sí», «no», «poco claro» o «no aplicable». Las valoraciones de sesgo se comunicaron a nivel de ítem y se resumieron a nivel de estudio como riesgo de sesgo bajo, moderado o alto, basándose en umbrales predefinidos para la proporción de ítems calificados como «sí» (bajo ≥70 %, moderado 50-69 %, alto <50 %).

- **Síntesis de datos**

Debido a que los estudios incluidos presentaban heterogeneidad en cuanto al diseño, las definiciones de exposición (por ejemplo, uso basado en el tiempo frente a uso problemático), los criterios de valoración y los hallazgos se sintetizaron de forma narrativa. Los resultados se resumieron por criterio de valoración (ansiedad y/o depresión) y, cuando fue posible, por tipo de exposición y plataforma.

RESULTADOS

- **Selección de estudios**

La búsqueda inicial en las bases de datos arrojó un total de 1,414 artículos (PubMed: n=1,331; LILACS: n=77; SciELO: n=6). Posteriormente, se aplicaron filtros automatizados en las bases de datos limitando los resultados a los últimos 5 años, idiomas inglés y español, y tipos de estudio (meta-análisis, estudio observacional, revisión y revisión sistemática), lo que redujo la muestra a un total de 127 artículos. Durante la fase de cribado, se descartó 1 artículo duplicado y se excluyeron 84 artículos tras la lectura del título y el resumen. Los 42 artículos restantes fueron recuperados a texto completo para determinar su elegibilidad. Tras esta revisión exhaustiva se excluyeron 21 artículos adicionales por no cumplir con la calidad metodológica requerida o por presentar datos insuficientes.

Finalmente, la revisión incluyó un total de 21 artículos. De estos, 12 correspondieron a revisiones sistemáticas y meta-análisis que fueron utilizados exclusivamente para contextualizar la literatura y enriquecer el marco de referencia. Los 9 estudios restantes aportaron datos primarios y fueron los únicos que se incluyeron en la síntesis cualitativa final para la extracción de resultados. Estos 9 estudios primarios se desglosan en: estudios transversales (n = 6), estudios observacionales longitudinales (n = 2) y un estudio de cohorte prospectivo (n = 1) (Figura 1).

- **Características de los estudios incluidos**

Se incluyeron un total de 9 estudios los cuales fueron publicados entre el año 2021 y 2025.

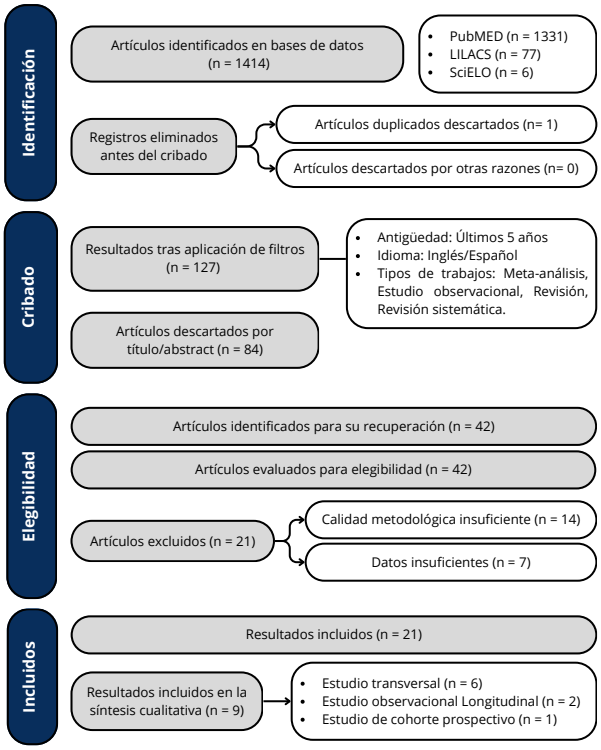


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

Existió un predominio de estudios de cohorte transversal [7,12], además de estudios longitudinales [13,14] y un estudio de cohorte prospectivo [15] (Tabla 1). Estos estudios fueron realizados en distintos contextos geográficos, incluyendo República Dominicana [7], Brasil [8,12], Perú [9,10], Ecuador [11], Reino Unido [13,14] y Estados Unidos [15]. En conjunto, la población de estudio se centró en adolescentes y adultos jóvenes.

El tamaño de muestra fue heterogéneo entre los estudios. Las muestras más pequeñas correspondieron a 201 estudiantes de medicina en República Dominicana [7], mientras que las más amplias incluyeron 15,836 participantes en Reino Unido [14]. Se observó heterogeneidad en la forma de medir la exposición. Algunos estudios evaluaron adicción a internet o uso problemático de internet mediante escalas como el Test de Adicción al Internet (IAT, por sus siglas en inglés) [8,10,12], otros analizaron adicción al teléfono inteligente [7,9], mientras que los trabajos longitudinales más recientes se enfocaron específicamente en uso de redes sociales, diferenciando incluso entre visualización pasiva, publicación activa o uso problemático autorreportado [13-15].

En cuanto a los desenlaces, los principales fueron síntomas de depresión, ansiedad, estrés, insomnio, soledad y malestar psicológico general, medidos con instrumentos validados como el Cuestionario de Salud del Paciente (PHQ-9), la Escala del Trastorno de Ansiedad Generalizada (GAD-7), la Escala de Depresión, Ansiedad y Estrés (DASS-21), el Cuestionario de Salud General (GHQ-12), el Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ) y otras escalas clínicas según cada estudio [7,8,10,13-15].

- **Riesgo de sesgo y calidad metodológica**

La evaluación de la calidad metodológica de los 9 estudios primarios arrojó resultados con una calidad global aceptable, permitiendo una síntesis narrativa metodológicamente sustentada de la evidencia (Tabla 2). En general, la mayoría de los estudios presentaron un riesgo de sesgo entre bajo y moderado, sin identificar estudios con alto riesgo de sesgo.

De los 6 estudios transversales evaluados mediante la herramienta JBI para estudios transversales analíticos de 8 ítems, 3 estudios presentaron un riesgo de sesgo bajo, mientras que los 3 restantes presentaron un riesgo moderado. Las principales limitaciones metodológicas en este grupo se relacionaron con la falta de identificación y control estadístico de las variables de confusión (ítems 5 y 6), así como la medición autoinformada de la exposición digital, incluyendo el uso de internet, teléfonos inteligentes o redes sociales, en algunos casos mediante instrumentos adaptados o medidas simplificadas, lo que pudo afectar la validez de la medición (ítem 3).

Por su parte, los 3 estudios con diseño longitudinal y de cohorte prospectivo, evaluados con la lista JBI de 11 ítems para cohortes, mostraron una mejor calidad metodológica relativa, con 2 estudios clasificados con riesgo de sesgo bajo y 1 con riesgo moderado.

Tabla 1. Análisis de la evidencia científica sobre el impacto de las tecnologías digitales en la salud mental.

Artículo	Tipo de estudio	Prevalencia	Correlación	Hallazgo importante
Prevalencia de adicción a teléfonos inteligentes en estudiantes de medicina[7]	Transversal	Prevalencia de adicción a teléfonos inteligentes del 48.8%	Asociación significativa con síntomas depresivos ($\chi 2$, p=0.007) y ansiedad ($\chi 2$, p< 0.001)	No se identificó una asociación significativa entre la adicción a teléfonos inteligentes y la calidad del sueño (p = 0.856).
Internet addiction, sleeping habits and psychological distress in Brazilian adolescents and young adults[8]	Transversal	Prevalencia de adicción moderada a internet del 48.1%	Correlaciones positivas moderadas entre adicción a internet y depresión (r≈0.43), ansiedad (r≈0.31) y estrés (r≈ 0.37)	El uso problemático mostró asociaciones significativas con síntomas psiquiátricos, siendo predictores independientes de problemas del sueño.
Adicción a los teléfonos inteligentes en adolescentes tras la pandemia por la COVID-19[9]	Transversal	Prevalencia de adicción a teléfonos inteligentes fue del 21.7%	Factores asociados: conflictos familiares (RPa=1.4) y sentimientos de vergüenza (RPa=1.44).	No se halló asociación significativa con sentimientos de tristeza, ansiedad, depresión o el rechazo social.
Internet addiction and mental health disorders in high school students in a Peruvian region: a cross-sectional study[10]	Transversal	Prevalencia de adicción a internet del 25.9%	La adicción severa se asoció fuertemente con la ansiedad (PR=2.96).	No se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la adicción a internet y la depresión.
Uso de internet y su relación con depresión, insomnio y autoestima en estudiantes de bachillerato, Quito (Ecuador)[11]	Transversal	Prevalencia de riesgo de adicción a internet fue del 46%	Factor de riesgo significativo para depresión (OR=3.82) e insomnio (OR=2.59).	No existió una asociación estadísticamente significativa entre el riesgo de adicción a internet y la baja autoestima.
Problematic Internet use, emotional problems and quality of life among adolescents[12]	Transversal	Prevalencia de uso problemático de internet del 17%	No hubo diferencia significativa en la intensidad de síntomas depresivos o estrés entre usuarios.	La percepción de su uso de internet afectaba negativamente sus actividades diarias y dominios de calidad de vida.
The Longitudinal Impact of Social Media Use on UK Adolescents' Mental Health: Longitudinal Observational Study[13]	Observacional longitudinal	No menciona prevalencia en el estudio.	Dedicar más tiempo al uso activo entre los 12-13 años no se asoció con problemas mentales a los 14-15 años.	El uso pasivo se asocia con envidia y comparación social; el apoyo de los padres atenúa el impacto negativo.
The Impact of Different Types of Social Media Use on the Mental Health of UK Adults: Longitudinal Observational Study[14]	Observacional longitudinal	El 55.3% de los participantes ve redes sociales todos los días.	Publicar diariamente aumentó ligeramente el malestar psicológico (+0.35 puntos en el GHQ-12).	Ver contenido pasivamente no mostró asociación con problemas de salud mental a largo plazo.
Social Media Detox and Youth Mental Health[15]	Cohorte prospectivo	La prevalencia del uso de redes fue del 93.8%	Reducción de síntomas: depresivos (24.8%), ansiedad (16.1%) e insomnio (14.5%).	En la sensación de soledad no se observó un cambio estadísticamente significativo tras el periodo de detox.

χ^2: chi cuadrado; r: coeficiente de correlación; RPa: razón de prevalencia ajustada; PR: razón de prevalencia; OR: odds ratio; GHQ-12: General Health Questionnaire-12; COVID-19: coronavirus 2019.

Tabla 2. Evaluación del riesgo de sesgo y calidad metodológica de los estudios primarios incluidos.

Artículo	Diseño del estudio	Herramienta JBI	Puntuación JBI	Riesgo de sesgo	Principales deficiencias metodológicas
Prevalencia de adicción a teléfonos inteligentes en estudiantes de medicina[7]	Transversal	JBI para estudios transversales analíticos	62.5% (5/8)	Moderado	Se trata de un estudio transversal descriptivo, por lo que no permite establecer dirección causal; utilizó muestreo por conveniencia, lo que aumenta sesgo de selección; la población proviene de un solo campus universitario, lo que restringe extrapolación; aunque emplea instrumentos conocidos, todo se basa en autorreporte, con riesgo de sesgo de memoria y deseabilidad social; metodológicamente, la asociación se analizó solo con Chi cuadrada y comparaciones bivariadas, sin ajuste multivariado, así que no controla confusores; por ello, las asociaciones encontradas con depresión y ansiedad deben interpretarse con cautela, porque podrían explicarse por variables no medidas como carga académica, estrés, hábitos de sueño o antecedentes psicológicos.
Internet addiction, sleeping habits and psychological distress in Brazilian adolescents and young adults[8]	Transversal	JBI para estudios transversales analíticos	62.5% (5/8)	Moderado	Estudio transversal con muestra no probabilística por conveniencia, lo que limita representatividad y generalización. Incluye un rango etario amplio (15–36 años), mezclando adolescentes y adultos jóvenes, lo que introduce heterogeneidad clínica y conductual. La exposición y los desenlaces dependen de autorreporte por formularios en línea, con riesgo de sesgo de información y deseabilidad social. Aunque hay regresión logística, persiste posible confusión residual y no puede establecerse temporalidad entre adicción a internet, mal dormir y distrés psicológico.
Adicción a los teléfonos inteligentes en adolescentes tras la pandemia por la COVID-19[9]	Transversal	JBI para estudios transversales analíticos	75% (6/8)	Bajo	Se trata de un estudio transversal, por lo que no establece temporalidad ni causalidad; el desenlace principal se midió con una versión modificada del SAS-SV, adaptada por los autores para Perú, con pilotaje y AFC, pero no con validación externa formal previa en esa población; varios factores asociados se recabaron con preguntas dicotómicas autoinformadas, lo que aumenta el sesgo de información; la muestra se restringe a mujeres de una sola institución educativa, reduciendo la generalización; además, las propias autoras reconocen que no se descartaron comorbilidades psiquiátricas y que no se evaluó exposición a otras pantallas, lo que deja lugar a confusión residual.
Internet addiction and mental health disorders in high school students in a Peruvian region: a cross-sectional study.[10]	Transversal	JBI para estudios transversales analíticos	75% (6/8)	Bajo	Se trata de un estudio con diseño es transversal, así que no puede inferirse causalidad; la muestra fue reclutada mediante muestreo no probabilístico tipo snowball, lo que compromete representatividad y abre sesgo de selección; el estudio se hizo en dos colegios privados de una región peruana, lo que limita validez externa; muchas variables, incluida la exposición principal, dependen de autorreporte en cuestionarios en línea; además, los autores reconocen que no midieron varios confusores relevantes como estrés, comunicación familiar, duración del sueño, tareas, escolaridad de los padres y funcionalidad familiar.
Uso de internet y su relación con depresión, insomnio y autoestima en estudiantes de bachillerato, Quito (Ecuador)[11]	Transversal	JBI para estudios transversales analíticos	75% (6/8)	Bajo	Se trata de un estudio transversal, así que no demuestra dirección causal. El análisis de asociación se basó principalmente en OR bivariados, sin un ajuste multivariado amplio para posibles confusores. La medición depende de autorreporte, especialmente en síntomas emocionales y uso de internet. La muestra proviene de dos instituciones de Quito, lo que restringe la generalización. También hay ambigüedad conceptual porque en métodos se describe como "cohorte transversal", aunque metodológicamente corresponde a transversal observacional.
Problematic Internet use, emotional problems and quality of life among adolescents[12]	Transversal	JBI para estudios transversales analíticos	62.5% (5/8)	Moderado	Diseño transversal, por lo que no permite inferir causalidad. Aunque las escuelas fueron seleccionadas dentro de un programa amplio, los datos se recolectaron en una sola ciudad, lo que limita validez externa. La medición de problemas emocionales y uso problemático de internet fue por cuestionarios autoinformados, sin confirmación clínica. Los propios autores reconocen posible confusión por uso de smartphones, factor no evaluado en profundidad. Además, varias asociaciones fueron exploradas con análisis principalmente bivariados, sin control robusto de todos los potenciales confusores.
The Longitudinal Impact of Social Media Use on UK Adolescents' Mental Health: Longitudinal Observational Study[13]	Observacional longitudinal	JBI para estudios de cohorte	81.8% (9/11)	Bajo	Solo evalúa horas de "chatting or interacting" en redes y usa ejemplos de plataformas ya obsoletas, lo que puede afectar validez. Hay pérdida de datos importante en el análisis de casos completos, aunque hicieron imputación múltiple como sensibilidad. La medición de uso de redes es autorreferida, no objetiva. Además, la mediación por autoestima y conexión social depende de constructos simplificados que pueden no capturar completamente esos fenómenos.
The Impact of Different Types of Social Media Use on the Mental Health of UK Adults: Longitudinal Observational Study[14]	Observacional longitudinal	JBI para estudios de cohorte	81.8% (9/11)	Bajo	La exposición es autoinformada y relativamente limitada: frecuencia de "ver" y "postear" no capta calidad, contenido ni contexto del uso. Los datos se recogieron durante el período de pandemia por COVID-19, lo que puede afectar tanto conducta digital como salud mental y limitar extrapolación a otros contextos. Hay una proporción importante de datos faltantes en educación, resuelta con imputación. Además, el seguimiento fue de básicamente una ola a la siguiente, por lo que no explora trayectorias largas.
Social Media Detox and Youth Mental Health[15]	Cohorte prospectivo	JBI para estudios de cohorte	63.6% (7/11)	Moderado	El detox fue voluntario, no aleatorizado, lo que introduce self-selection bias; no hubo grupo control aleatorizado, por lo que la mejoría podría explicarse en parte por motivación, expectativa o regresión a la media; el seguimiento del efecto fue muy corto (solo 1 semana de detox), insuficiente para valorar durabilidad; los desenlaces no estaban completamente ausentes al inicio, ya que los participantes tenían síntomas basales variables; además, hay datos faltantes en sensado pasivo, resueltos con MICE bajo el supuesto de missing at random, supuesto que los propios autores admiten que puede no cumplirse; la muestra también fue muy homogénea (predominio femenino, universitarios), lo que reduce generalización.

JBI: Joanna Briggs Institute; OR: odds ratio; IC 95%: intervalo de confianza del 95%; SAS-SV: Smartphone Addiction Scale–Short Version; AFC: análisis factorial confirmatorio; MICE: multiple imputation by chained equations; COVID-19: coronavirus disease 2019

Estos estudios destacaron por el uso de muestras amplias y por la aplicación de instrumentos clínicos validados para medir los resultados de ansiedad y depresión (ítem 7). No obstante, en este grupo persistieron limitaciones metodológicas, principalmente relacionadas con la medición autoinformada o simplificada de la exposición, la duración o suficiencia del seguimiento (ítem 8), y una descripción incompleta de las estrategias para manejar pérdidas durante el seguimiento (ítem 10). En el estudio de cohorte prospectiva con intervención voluntaria, además, la ausencia de aleatorización y la auto-selección de participantes incrementaron el riesgo de sesgo.

Ningún estudio primario fue excluido en esta fase por presentar un riesgo de sesgo alto (<50%), por lo que todos los estudios incluidos fueron considerados metodológicamente aceptables para la síntesis narrativa. Sin embargo, estas limitaciones deben tenerse en cuenta al interpretar los hallazgos, especialmente en lo relacionado con la inferencia causal y la magnitud de las asociaciones observadas.

- **Asociación entre la exposición digital problemática y síntomas ansiosos o depresivos**

De forma general los estudios incluidos mostraron un predominio de asociaciones positivas entre el uso problemático de internet, redes sociales o teléfonos inteligentes con la presencia de síntomas ansiosos y depresivos en adolescentes. Esta relación se observó de forma consistente, e incluso se reportó que una desintoxicación de redes sociales durante una semana se asoció con reducción de síntomas de ansiedad y depresión [15]. Asimismo, una mayor frecuencia de publicación en redes sociales se relacionó con una peor salud mental en el seguimiento longitudinal [14]. De igual forma, se reportó que el riesgo de adicción a internet se asoció con depresión, aunque la relación fue más clara para ansiedad severa, y algunos estudios reportaron correlaciones positivas entre la adicción a internet, depresión, ansiedad y estrés [8,10,11].

En los estudios transversales latinoamericanos, la asociación entre la exposición digital problemática y síntomas emocionales fue frecuente. En Quito, el riesgo de adicción al internet se asoció significativamente con depresión e insomnio, mostrando una prevalencia de riesgo de adicción a internet de 46%, depresión de 62% e insomnio de 42%; además, el riesgo de adicción a internet constituyó un factor de riesgo para depresión (OR = 3.82; IC 95%; 2.36-6.18) e insomnio (OR = 2.59; IC 95%: 1.66-4.04) [11].

En adolescentes peruanos se documentó una relación entre trastorno por adicción a internet y síntomas ansiosos y depresivos. En este estudio, 22.2% presentó adicción leve a internet, 3.2% moderada y 0.6% severa; la ansiedad moderada o severa estuvo presente en una proporción importante de estudiantes, al igual que la sintomatología depresiva. En el análisis simple, la adicción a internet se asoció con mayor prevalencia de depresión, sin embargo, tras el ajuste multivariado dicha asociación no se mantuvo. En contraste, la asociación con ansiedad persiste en los casos de adicción severa, donde la prevalencia de ansiedad aumentó de forma marcada [10].

En otro estudio se reportó una adicción a teléfonos inteligentes de 21.7% y un riesgo alto de dependencia de 48.7%. En el análisis ajustado, dicha adicción se asoció con conflictos familiares en el hogar y sentimientos de vergüenza, mientras que los sentimientos de tristeza, ansiedad o depresión y la percepción de rechazo social mostraron asociación solo en el análisis no ajustado [9].

En Brasil se encontró que 48.1% de los participantes presentaba adicción moderada a internet y 0.8% adicción severa. Se describieron correlaciones positivas entre la adicción a internet y depresión, ansiedad y estrés, mostrando que tanto la adicción a internet como el malestar psicológico global predijeron dificultades de sueño [8]. Esto reforzó la idea de una interacción entre el uso excesivo de internet y la prevalencia de trastornos emocionales.

En República Dominicana, la adicción al teléfono inteligente se encontró en un 48.8% de la muestra utilizada y mostró una relación significativa con síntomas de depresión ($p = 0.007$) y ansiedad ($p < 0.001$) [7]. Aunque no se encontró asociación significativa con calidad del sueño, se documentó que aquellos con adicción al teléfono inteligente concentran una proporción considerable de síntomas emocionales, lo que sugiere una relación desfavorable entre dependencia tecnológica y salud mental.

No todos los estudios fueron uniformes en mostrar una asociación significativa entre el uso digital problemático y síntomas ansiosos o depresivos. En adolescentes brasileños el uso problemático de internet estuvo presente en 17% de la muestra, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre usuarios problemáticos y no problemáticos en cuanto a depresión, ansiedad, estrés o calidad de vida. Aun así, 40.1% de los adolescentes reportó que el internet afectaba de manera negativa sus actividades cotidianas, mostrando en este grupo puntajes más altos de dependencia y mayores niveles de estrés [12]. Por tanto, aunque la asociación directa con ansiedad y depresión no fue significativa, sí se identificó un patrón de afectación subjetiva y estrés mayor, sugiriendo que el mero tiempo o frecuencia de uso no siempre explica por sí solo el malestar psicológico.

Estudios como el realizado en Reino Unido mostraron una visión más matizada. El análisis distinguió entre visualización y publicación de contenido en redes sociales. No se encontró evidencia de asociación entre la frecuencia de visualización y peores problemas de salud mental tras el ajuste completo. En cambio, publicar diariamente sí tuvo una asociación con un mayor malestar psicológico posterior, con un incremento de 0.35 puntos en el puntaje GHQ respecto a quienes nunca publican nada. Además, quienes combinaban alta frecuencia de visualización y alta frecuencia de publicación mostraron puntajes de salud mental más desfavorables que aquellos con baja frecuencia en ambas conductas [14].

- **Desintoxicación de redes sociales**

El estudio de cohorte realizado en Estados Unidos aportó evidencia adicional al evaluar una desintoxicación de redes sociales de una semana en

adultos jóvenes. De los 373 participantes que completaron la línea basal, 295 aceptaron participar en la intervención. Tras una semana de reducción del uso de redes sociales, se observaron disminuciones significativas en ansiedad (-16.1%), depresión (-24.8%) e insomnio (-14.5%), sin cambios significativos en soledad [15]. Además, los análisis multivariados mostraron que el uso problemático autorreportado de redes sociales se asociaba consistentemente con mayor severidad de depresión, ansiedad, soledad e insomnio, mientras que las métricas objetivas de uso mostraron asociaciones pequeñas o nulas [15]. Estos hallazgos sugieren que no importa únicamente cuánto se usan las redes sociales, sino el carácter problemático o emocionalmente disfuncional de dicho uso.

- **Síntesis global de los hallazgos**

En conjunto, los resultados de los artículos analizados en esta revisión mostraron que la asociación entre el uso problemático de internet, redes sociales o teléfonos inteligentes y síntomas ansiosos o depresivos fue predominantemente positiva, aunque no de manera uniforme. La evidencia fue más consistente en estudios que evaluaron adicción, dependencia o uso problemático, mientras que los estudios centrados únicamente en tiempo de uso o frecuencia general tendieron a mostrar resultados más débiles o inconsistentes. De igual manera, los estudios longitudinales sugirieron que el efecto puede depender del tipo de uso, siendo más importante el uso activo o problemático que la simple exposición pasiva. Finalmente, la evidencia disponible sugirió que una reducción breve del uso de redes sociales podría asociarse con mejoría en los síntomas ansioso-depresivos [10-15].

DISCUSIÓN

Es crucial distinguir entre el tiempo de uso y el uso considerado problemático, puesto que diversos estudios citados coincidieron que el uso problemático tiene mucho más riesgos en la salud mental de los jóvenes y jóvenes adultos.

En los artículos revisados se concluyó que el tiempo excesivo dedicado a las redes sociales durante la pandemia de COVID-19 específicamente está asociado con una mayor probabilidad de presentar síntomas de ansiedad (OR 1.55) y depresión (OR 1.43) estipulando así que el uso prolongado se describe como un “arma de doble filo”, puesto que el contenido consumido en diferentes redes sociales puede contribuir a una sensación de alivio respecto al aislamiento, pero a la vez los expone a desinformación y a contenido que exacerba conductas de desensibilización, irritabilidad, poca tolerancia a la frustración, tristeza, molestia, entre otros [16].

Considerar entonces que desde la pandemia por COVID-19 ha habido un aumento significativo de dichos síntomas tanto en población adulta joven como adolescentes. ¿Qué es lo que pasa con los adolescentes? ¿De qué manera les afecta este uso problemático? Pues bien, muestras clínicas comunitarias destacaron que los adolescentes con condiciones clínicas pueden verse más afectados debido a que la comparación social está más presente entre la cantidad de “*likes*” y el miedo a la evaluación negativa, alterando significativamente la forma en que los adolescentes interactúan de manera digital [17].

Cuando se habla sobre el miedo a la evaluación negativa nos referimos a los sentimientos de comparación con otros adolescentes, en referencia a la apariencia física, que es más común entre este rango de edad. Sin embargo, también repercute en las formas de socialización, teniendo cada vez menos interacciones cara a cara reduciendo las habilidades socioemocionales. Esta interacción cara a cara se redujo considerablemente en la pandemia del COVID-19. Sin embargo, después de este periodo, dicha interacción tuvo dificultades para convertirse en una herramienta natural de socialización entre los humanos, por lo que, durante el primer año de COVID-19, se indicó que el uso más activo y prolongado de redes sociales se asoció con un impacto negativo predominante, afectando directamente al sueño y aumentando los conflictos familiares. Además, el aumento de estrés provocó una adicción a las redes sociales y un distrés psicológico como un sistema de recompensa inmediato [18].

Retomando el concepto de interacciones sociales cara a cara, algunos estudios se enfocaron en intervenciones de conexión social advirtiendo que las plataformas han evolucionado hacia formatos que fomentan el compromiso no interactivo unidireccional (como el *scrolling* pasivo) difiriendo en la conexión saludable con otras personas, asimismo, de su capacidad de atención. Esto va derivando en un factor de soledad que es un patrón que predice indicios de depresión en adultos jóvenes [19].

Estudios previos mostraron una asociación positiva entre el uso de redes sociales y problemas de salud mental. Resaltaron que las medidas basadas en el riesgo (como adicción, intrusión de Facebook) tienen una asociación más consistente en síntomas psiquiátricos que las medidas basadas simplemente en la frecuencia y el tiempo de uso [20].

Finalmente, como se mencionaba al principio, diferenciar entre el tiempo de uso y el uso problemático se vincula con otros comportamientos o experiencias de riesgo como el ciberacoso y el acaparamiento digital relacionado con síntomas de ansiedad, depresión e inclusive con hipersexualización, conductas autolesivas especialmente en jóvenes con vulnerabilidad preexistente de TDAH o trastornos de la conducta alimentaria estimando que la prevalencia global de este uso problemático es aproximadamente del 7% [21].

Entre otros mecanismos que se han revelado en los estudios, se habló sobre el FOMO (*Fear of Missing Out*, "miedo a perderse algo" o "miedo a quedarse fuera") como síntomas compulsivos por temor a quedarse excluidos ante dinámicas o tendencias sociales que los obliga a revisar de manera impulsiva las redes sociales creando una adicción a las mismas [1,20]. El FOMO también tiene influencia sobre los algoritmos y la experiencia de flujo, especialmente en las plataformas de formato de video corto como Tik Tok, utilizando algoritmos de recomendación avanzados para crear un “*feed*” personalizado que genera esta experiencia de flujo caracterizada por la

concentración intensa entre el disfrutar y la distorsión de la percepción del tiempo [4]; es decir, entre más *scrollean* más captan la atención, evitando que se preste atención a cuánto tiempo se está utilizando la plataforma.

Ante la creciente problemática entre adolescentes, las consecuencias a nivel emocional, físico y psicológico son visibles en la educación. Por ejemplo, ante la adicción a las redes sociales y la sobreestimulación, los adolescentes son incapaces de poderse concentrar por periodos largos de tiempo, además de presentar mayor procrastinación derivando en un menor éxito escolar y una mayor distracción entre las obligaciones académicas [5-7,10].

El área académica puede comenzar a implementar ciertas estrategias que tengan que ver con las currículas escolares [6], donde se incluyan temas referentes a cómo funciona el cerebro y lo que sucede cuando hay una sobreestimulación causada por las redes sociales a causa de adicción a las mismas, además de aprender hábitos que tengan relación con la gestión de su tiempo en pantalla y promover las interacciones cara a cara, evitando el uso de los dispositivos electrónicos o plataformas [5,6].

Es esencial entonces que los docentes sean capaces de detectar cuando los estudiantes presentan signos de aislamiento o el uso compulsivo de dispositivos electrónicos durante clase o en el almuerzo. La detección y la implementación de temas, además de actividades interactivas, funcionan como una intervención que fomenta el desarrollo social de los estudiantes [8]. Dichas intervenciones se relacionan con los "*detox digitales*" que funcionan como una herramienta eficaz para reducir significativamente el distrés psicológico mejorando el bienestar en solo una semana [6,15]. Estas actividades y modificaciones en los temas a impartir pueden tener un impacto positivo no solo en el desarrollo socio-emocional de los adolescentes, sino también en el desarrollo de su identidad y autoestima. Finalmente, también se habló sobre la responsabilidad que las empresas de estas redes sociales tienen; es decir, diseñar aplicaciones con menos características adictivas y la necesidad de leyes que limiten el acceso y el tiempo de uso en menores [6].

Otras autoridades como la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan establecer parámetros claros de uso para prevenir afecciones conductuales potenciadas por la pandemia de COVID-19 [7]. Dichos parámetros y nuevas implementaciones de bienestar consisten en un trabajo en conjunto de la sociedad, gobierno y padres. La sociedad y el gobierno tienen herramientas de mayor alcance, como talleres abiertos a la población en general, la promoción de nuevas actividades entre la comunidad, trabajar en el estigma de reconocer que se necesita ayuda, y visitar un profesional de la salud mental. En el caso específico de los padres, es clave el acompañamiento y la mediación activa por parte de estos, ya que fungen como factores protectores para mitigar el riesgo de adicción y no solo a las consecuencias emocionales y psicológicas, sino también a las físicas (evitando el sedentarismo) [5].

La presente revisión presentó algunas limitaciones referentes a la generalización y el sesgo geográfico, ya que la mayoría de los datos provienen de poblaciones de altos ingresos, lo que no permite explicar el uso de redes sociales con diferentes estructuras familiares, o con diferentes ingresos, cuestiones que dan lugar a diferentes dinámicas sociales y diferentes formas de interacción, como lo es, por ejemplo, en Latinoamérica, pues parece ser que las normas culturales influyen en el uso que pueda considerarse problemático entre diferentes países (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis crítico y limitaciones metodológicas de la literatura revisada sobre el uso de redes sociales.

Análisis	Hallazgos	Limitaciones
Homogeneidad y sesgo geográfico	Se observa una saturación de datos entre las poblaciones de altos ingresos: Reino Unido[13] y Corea[5,16]. La evidencia en Latinoamérica es emergente pero aún se encuentra limitada a muestras locales en lugares como Ecuador[11] y Perú[10]	Existe una limitación en la generalización: El usos problemático de las redes sociales está mediado por normas culturales. En los resultados occidentales no se explica el impacto que se tiene en jóvenes con estructuras familiares o dinámicas sociales distintas
Disparidad en la estandarización	Existen múltiples criterios diagnósticos aplicados, se utilizan escalas de adicción al smartphone (SAS.SV), test de adicción al internet (IAT) Y escalas de sintomatología clínica como son PHQ-9 para la depresión y GAD-7 para la ansiedad.	Existe una falta de unidad de medida. La falta de consenso sobre si el daño a la salud mental proviene del tiempo de interacciòn o la naturaleza de la misma, lo cual genera diagnósticos inconsistentes entre estudios.
Naturaleza de la recolección de los datos	La mayorìa de los estudios utilizan cuestionarios digitales auto administrados como IAT, o SAS-SV, los cuales son distribuidos mediante redes sociales o plataformas de encuesta.	Existe un sesgo de autoinforme, pues en la mayoría de los casos no se cuenta con la validación clínica presencial. Los resultados reflejan la percepción subjetiva del usuario, lo cual puede sobre estimar o subestimar la prevalencia real de estos trastornos mentales[17]
Aislamiento de estrés ores (Variables mediadores)	No se señala un impacto directo en la salud mental de los usuarios, existen otras variables como la insatisfacción corporal[5] y la comparación social que actúan como puentes críticos para el desarrollo de la sintomatología ansioso-depresiva[1, 13, 18, 19,20]	Resulta complejo determinar una causalidad, es decir, si las redes sociales causan los síntomas de malestar o si los jóvenes con sintomatología previa (SAD) utilizan las redes sociales como un mecanismo de afrontamiento desadaptativo.

Continuación

Dinámicas de Interfaz y Algoritmos	Investigaciones sobre plataformas con formatos de video corto como Tiktok demostraron que el diseño de "recompensa variable" del algoritmo acelera la dependencia de los usuarios a comparación de las redes sociales estáticas[21]	Existe un desfase tecnológico entre las investigaciones y las actualizaciones de las plataformas digitales de RS, dificultando la creación de protocolos de intervención que se encuentren actualizados para estas nuevas interfases.

IAT: Internet Addiction Test; PHQ-9: Patient Health Questionnaire-9; GAD-7: Generalized Anxiety Disorder-7; DASS-21: Depression, Anxiety and Stress Scale-21; GHQ-12: General Health Questionnaire-12; SDQ: Strengths and Difficulties Questionnaire; SAS-SV: Smartphone Addiction Scale-Short Versión; RS: Redes sociales; SAD: Sintomatología ansioso-depresiva; UPRS: Uso problemático de redes sociales

Además, resulta difícil establecer una relación causa-efecto definitiva entre el uso de redes sociales y los síntomas de malestar, existiendo la posibilidad de que los jóvenes con sintomatología previa utilicen las plataformas digitales más como mecanismos de afrontamiento desadaptativo, en lugar de que, probablemente, sean las redes sociales y su uso problemático la causa primaria del problema. Aunado a esto, existe un sesgo en la recolección de datos, debido a que se obtienen por autoinforme utilizando cuestionarios digitales autoadministrados principalmente, los cuales carecen de una validación clínica presencial. Por lo tanto, los resultados reflejan sólo la percepción subjetiva del encuestado, lo que puede llevar a una sobreestimación de los resultados y la prevalencia real de los trastornos mentales estudiados.

El presente estudio puede favorecer para novedosas líneas de investigación, como por ejemplo, realizar estudios de cohorte y diseños experimentales (ensayos controlados) para comprender cómo evoluciona la relación entre la tecnología y el bienestar a lo largo del tiempo y la durabilidad de dichos síntomas observados. Además de monitorear los efectos que trae consigo el *detox digital* y cuál es el impacto en las funciones cognitivas (como la atención y la memoria) que son las que parecen ser más afectadas por la sobreestimulación y el uso problemático de las redes sociales.

Por supuesto también es esencial que en vez de analizar el tiempo en pantalla, las futuras líneas podrían enfocarse en distinguir las variaciones en la arquitectura de las diversas plataformas, así como analizar las variaciones entre los algoritmos y las dinámicas de interacción existentes, todo esto tomando en consideración el cómo impactan la cognición de los usuarios y las formas de convivencia para con sus amigos y familia.

Sobre esta línea, es necesario establecer una diferencia entre el uso activo (crear contenido e interactuar) y el uso pasivo (*scrolling* infinito), así como investigar la naturaleza del contenido consumido (si es educativo o de entretenimiento) y cuál es el impacto de este consumo entre los usuarios.

Finalmente, no excluir grupos vulnerables por cuestiones como la raza, etnia y estatus socioeconómico, ya que dichas variables moderan y agregan nueva información sobre el impacto real de las redes sociales en la salud mental. Con ello, también recalcar la importancia de investigar en otros países, como Latinoamérica y África, para poder realizar una comparación entre diferentes países tomando en cuenta si son de altos o bajos ingresos.

También resulta necesario incluir las perspectivas holísticas donde se pueda exponer los beneficios potenciales (apoyo social, conexión con pares) para desarrollar nuevas alternativas a este problema, como lo son el *detox digital* y la implementación de actividades por parte de las comunidades y el gobierno.

CONCLUSIONES

La evidencia analizada sugiere que existe una asociación entre el uso problemático de las redes sociales y la presencia de sintomatología ansioso-depresiva en los adolescentes, siendo más consistente cuando la exposición digital se definió como adicción, uso problemático o interacción compulsiva. En particular, la ansiedad, el estrés y las alteraciones del sueño mostraron asociaciones más frecuentes, mientras que los hallazgos para depresión fueron menos uniformes.

No obstante, estos resultados deben ser interpretados con cautela. La literatura incluida evidenció una importante heterogeneidad en los diseños metodológicos, las poblaciones estudiadas, los instrumentos empleados para medir tanto la exposición digital como los desenlaces emocionales, y las estrategias estadísticas utilizadas. Además, el predominio de estudios transversales limita la posibilidad de establecer relaciones causales y de diferenciar con claridad entre asociación, bidireccionalidad y efecto temporal.

En conjunto, los hallazgos presentados respaldan la necesidad de considerar el uso problemático de las tecnologías digitales como un posible factor relacionado con el malestar emocional en los jóvenes, aunque aún se requieren estudios longitudinales con mediciones estandarizadas y mayor rigor metodológico para poder definir con mayor precisión la magnitud, dirección y mecanismos de esta asociación.

Agradecimientos

Se agradece la mentoría del Dr. Luis Eduardo Valdez Garcia y del Dr. Jesús Galván Molina, para el desarrollo de esta revisión.

Financiamiento

El presente trabajo no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Consideraciones éticas

El presente trabajo no involucró la participación de seres humanos ni animales, ni la recolección de datos primarios, por lo que no requirió aprobación por un comité de ética en investigación. Todos los datos utilizados provienen de fuentes secundarias previamente publicadas y de acceso público.

REFERENCIAS

1. M. Liu, K.E. Kamper-DeMarco, J. Zhang, J. Xiao, D. Dong, P. Xue. Time Spent on Social Media and Risk of Depression in Adolescents: A Dose-Response Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(9):5164. doi:10.3390/ijerph19095164
2. O. Ahmed, E.I. Walsh, A. Dawel, K. Alateeq, D.A. Espinoza Oyarce, N. Cherbuin. Social media use, mental health and sleep: A systematic review with meta-analyses. J Affect Disord. 2024;367:701-712. doi:10.1016/j.jad.2024.08.134
3. B. Kerr, A. Garimella, L. Pillarisetti, N. Charlly, K. Sullivan, M.A. Moreno. Associations Between Social Media Use and Anxiety Among Adolescents: A Systematic Review Study. J Adolesc Health. 2025;76(1):18-28. doi:10.1016/j.jadohealth.2024.09.011
4. G. Conte, G. Di Iorio, D. Esposito, S. Romano, F. Panvino, S. Maggi et al. Scrolling through adolescence: a systematic review of the impact of TikTok on adolescent mental health. Eur Child Adolesc Psychiatry. 2025;34(11):1511-1527. doi:10.1007/s00787-024-02581-w
5. L. Nguyen, J. Walters, S. Paul, S. Monreal Ijurco, G.E. Rainey, N. Parekh et al. Feeds, Feelings, and Focus: A Systematic Review and Meta-Analysis Examining the Cognitive and Mental Health Correlates of Short-Form Video Use. Psychol Bull. 2025;151(9):1125-1146. doi:10.1037/bul0000498
6. L. Jain, L. Velez, S. Karlapati, M. Forand, R. Kannali, R.A. Yousaf et al. Exploring Problematic TikTok Use and Mental Health Issues: A Systematic Review of Empirical Studies. J Prim Care Community Health. 2025;16:1-30. doi:10.1177/21501319251327303
7. N. Martínez, M. Vidal, P. Ureña, F. Rosado. Prevalencia de adicción a teléfonos inteligentes en estudiantes de medicina. Ciencia y Salud. 2025;9(2):19-28. doi:10.22206/cysa.2025.v9i2.3113
8. M.G. Marin, A.B.C. Machado, G.S. Freitas, R.M.M. Almeida. Internet addiction, sleeping habits and psychological distress in Brazilian adolescents and young adults. Psicologia: Reflexão e Crítica. 2024;37:37. doi:10.1186/s41155-024-00323-0
9. B. Becerra-Canales, E. Hernández-Huaripaucar, D. Becerra-Huamán, C. Laos-Anchante, M. Dávalos-Almeyda, M.J. Cevallos-Cárdenas et al. Adicción a los teléfonos inteligentes en adolescentes tras la pandemia por la COVID-19. Rev Cubana Med Milit. 2023;52(4):e023010141. URL: https://revmedmilitar.sld.cu
10. J.C. Perez-Oyola, D.M. Walter-Chavez, J.P. Zila-Velasque, C.J. Pereira-Victorio, V.E. Failoc-Rojas, V.J. Vera-Ponce et al. Internet addiction and mental health disorders in high school students in a Peruvian region: a cross-sectional study. BMC Psychiatry. 2023;23:408. doi:10.1186/s12888-023-04838-1
11. V.N. Asimbaya Cadena, K.F. Lima Taramuel. Uso de internet y su relación con depresión, insomnio y autoestima en estudiantes de bachillerato, Quito (Ecuador). Más Vita Rev Cienc Salud. 2022;4(2):160-177. doi:10.47606/ACVEN/MV0112
12. A.L.M. Andrade, S.R.F. Enumo, M.A.Z. Passos, E.P. Vellozo, T.H. Schoen, M.A. Kulik et al. Problematic Internet Use, Emotional Problems and Quality of Life Among Adolescents. Psico-USF. 2021;26(1):41-51. doi:10.1590/1413-82712021260104
13. R. Plackett, J. Sheringham, J. Dykxhoorn. The Longitudinal Impact of Social Media Use on UK Adolescents' Mental Health: Longitudinal Observational Study. J Med Internet Res. 2023;25:e43213. doi:10.2196/43213
14. Y. Yu, J. Dykxhoorn, R. Plackett. The Impact of Different Types of Social Media Use on the Mental Health of UK Adults: Longitudinal Observational Study. J Med Internet Res. 2024;26:e56950. doi:10.2196/56950
15. E. Calvert, M. Cipriani, B. Dwyer, V. Lisowski, J. Mikkelson, K. Chen et al. Social Media Detox and Youth Mental Health. JAMA Netw Open. 2025;8(11):e2545245. doi:10.1001/jamanetworkopen.2025.45245
16. Y. Lee, Y.J. Jeon, S. Kang, J.I. Shin, Y.C. Jung, S.J. Jung. Social media use and mental health during the COVID-19 pandemic in young adults: a meta-analysis of 14 cross-sectional studies. BMC Public Health. 2022;22:995. doi:10.1186/s12889-022-13409-0
17. L. Fassi, K. Thomas, D.A. Parry, A. Leyland-Craggs, T.J. Ford, A. Orben. Social media use and internalizing symptoms in clinical and community adolescent samples: A systematic review and meta-analysis. JAMA Pediatr. 2024;178(8):814-822. doi:10.1001/jamapediatrics.2024.2078
18. M. Draženović, T. Vukušić Rukavina, L. Machala Poplašen. Impact of Social Media Use on Mental Health within Adolescent and Student Populations during COVID-19 Pandemic: Review. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(4):3392. doi:10.3390/ijerph20043392
19. C. Vazquez Alvarez, L. Mirza, J. Das-Munshi, T.K. Oswald. Social connection interventions and depression in young adults: a systematic review and meta-analysis. Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol. 2024;60:549. doi:10.1007/s00127-024-02722-1
20. Q.D. Alfredson, A. Garimella, B. Kerr, M.A. Moreno. Systematic Review of Studies Measuring Social Media Use and Depression, Anxiety, and Psychological Distress in Adolescents: 2018-2020. WMJ. 2024.
21. L.S. Eddy Ives, A. Hueras Patón, M.A. Forti Buratti, J. Álvarez Pitti, M.A. Salmerón-Ruiz, P.J. Rodriguez Hernández et al. Impact of Screen and social media use on mental health. An Peadtr (Barc). 2025;3:503909. doi:10.1016/j.anpedi.2025.503909

Amiodarona: Efectos Adversos y el Escenario para Torsades de Pointes. Una Revisión Narrativa

Ximena Araujo-González[1].

[1] Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.

Autor de correspondencia: Ximena Araujo-González, ximenaaraujoglz@gmail.com

Recibido: 17 de abril de 2026. | Aceptado: 3 de mayo de 2026.

RESUMEN

Introducción: La amiodarona es un antiarrítmico clase III ampliamente utilizado en el tratamiento de arritmias supraventriculares y ventriculares. Sin embargo, su perfil farmacocinético se asocia a un amplio espectro de efectos adversos, incluyendo la prolongación del intervalo QT, condición predisponente para el desarrollo de *torsades de pointes* (TdP), una arritmia ventricular potencialmente fatal.
Objetivo: Analizar los efectos adversos asociados al uso de amiodarona y su relación con el desarrollo de TdP, destacando factores de riesgo e interacciones farmacológicas.
Métodos: Se realizó una revisión narrativa mediante búsqueda en bases de datos como PubMed, Cochrane, LILACS y SciELO, incluyendo estudios publicados entre 2010 y 2026 en inglés, español y portugués. Se consideraron estudios observacionales, revisiones sistemáticas y reportes de caso, excluyendo estudios sin acceso abierto y en población pediátrica y animal.
Resultados: La amiodarona actúa principalmente mediante el bloqueo de canales de potasio tipo HERG, prolongando la repolarización cardiaca. Su uso se asocia a múltiples efectos adversos sistémicos y a interacciones farmacológicas relevantes. La prolongación del intervalo QT se identificó como el principal mecanismo asociado al desarrollo de TdP, especialmente en presencia de factores de riesgo como alteraciones electrolíticas, comorbilidades y coadministración de fármacos que prolongan el QT.
Conclusiones: Aunque la incidencia de TdP asociada a amiodarona es baja, su potencial gravedad hace indispensable la identificación temprana de factores de riesgo, la monitorización clínica y electrocardiográfica, así como el manejo adecuado de interacciones farmacológicas, con el fin de prevenir eventos adversos mayores.

Palabras clave: amiodarona, *torsades de pointes*, prolongación del QT, interacciones farmacológicas.

INTRODUCCIÓN

La amiodarona se utiliza para el tratamiento de arritmias supraventriculares y ventriculares [1,2]. Sus efectos adversos (EA) incluyen afecciones hepáticas, tiroideas, pulmonares, dermatológicas, oculares, neurológicas e incluso cardiacas [3,4,5]. Aunque con baja incidencia, se asocia a la prolongación del intervalo QT en el electrocardiograma (ECG), causando *torsades de pointes* (TdP), una arritmia ventricular polimórfica con riesgo de desencadenar muerte súbita cardiaca [6,7]. A fin de prevenir los posibles efectos proarrítmicos de la amiodarona, es necesario monitorear las enfermedades subyacentes, EA cardíacos y extracardíacos, la vía de administración y la coadministración de fármacos que también prolongan el intervalo QT [2,5,8,9], mismo que se busca presentar en la presente revisión.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda en bases de datos de Pubmed, Cochrane, LILACS, SciELO, y se incluyeron estudios publicados en inglés, español y portugués entre 2010 a 2026 utilizando los términos "*amiodarone*", "*adverse effects*", "*QT prolongation*", "*Torsades de Pointes*", entre otros; con los operadores booleanos AND y OR. Se consideraron estudios cohorte, revisiones sistemáticas, reportes de caso, casos y controles, revisiones narrativas, estudios traslacionales y estudios observacionales; se descartaron aquellos estudios sin acceso abierto, en población pediátrica y animal. Adicionalmente, se realizó una búsqueda manual en revistas científicas y revisión de referencias de artículos relevantes para integrar literatura adicional.

RESULTADOS

1. Amiodarona

La amiodarona es un fármaco antiarrítmico clase III, derivado de benzofurano yodado; su mecanismo de acción consiste en bloquear los canales de potasio tipo HERG (KCNH2), responsables de la corriente IKr (rectificadora retardada rápida) implicada en la fase de repolarización del potencial de acción cardíaco, prolongando su duración [10,11].

Un aspecto clínicamente relevante de la amiodarona

radica en su amplio espectro, ya que inhibe en menor medida canales de Na^+ (Clase I), Ca^{2+} (Clase IV) cardíacos e incluso es antagonista de receptores beta-adrenérgicos (Clase II) [11,12].

En cuanto a su farmacocinética, es altamente lipofílica y de absorción lenta, se caracteriza por una biodisponibilidad variable entre el 30 y 80% [10], con una distribución significativa en tejidos altamente perfundidos y en músculo, con tendencia a acumularse en tejido adiposo [12]. Además, posee una unión a proteínas superior al 95%. El inicio de la acción es variable dependiendo de la vía de administración; por vía oral ronda entre 2 y 3 días con posibilidad de prolongarse hasta 3 semanas, mientras que por vía intravenosa (IV) es de 1 a 2 horas con un pico máximo después de 12 a 24 horas [10,12]. Su vida media es larga, de 60 a 100 días [10], pudiendo extenderse hasta 142 días en tratamiento crónico [13,14].

Actúa como inhibidor del citocromo P450, lo que provoca interacciones farmacológicas con fármacos que dependen de este sistema para su metabolismo; tal es el caso de la warfarina, un anticoagulante que al ser administrado con amiodarona incrementa el riesgo de sangrado. Se metaboliza por la enzima CYP3A4 y genera un metabolito también activo, desetilamiodarona, con una vida media incluso más larga que el fármaco original pero se desconoce con precisión la magnitud del efecto antiarrítmico. Lo anterior explica la aparición de efectos tóxicos tras el uso crónico. Su excreción ocurre principalmente por vía biliar, y en menor porcentaje por vía renal. Por ello, no requiere ajuste de dosis en insuficiencia renal [2,10,11,12,13].

El uso clínico aprobado por la *Food and Drug Administration* (FDA) es en fibrilación ventricular recurrente y taquicardias ventriculares en pacientes con alto riesgo, en quienes otros fármacos resultan ineficaces; aunque también se utiliza de forma no aprobada por la FDA para el tratamiento de taquiarritmias supraventriculares, prevención de taquiarritmias ventriculares, arritmias por reacción adversa a medicamentos, taquiarritmias post-operatorias y fibrilación auricular [5,11,14,15].

2. Efectos adversos de la amiodarona

Si bien es eficaz, la amiodarona ha demostrado asociarse a EA en un 15% tras un año de tratamiento, y hasta de 50% durante el uso crónico. Dosis superiores a 400 mg suponen un mayor riesgo de complicaciones [13,16]. Es indispensable un seguimiento continuo del paciente y la monitorización de los EA desarrollados, así como un manejo preciso y análisis de laboratorio. Afortunadamente la mayoría tiende a mejorar al retirar el fármaco, y en un 20% se asocian a un riesgo clínicamente relevante [17].

Los principales EA se presentan a continuación.

2.1. Cardiacos

Los EA cardiacos comprenden primordialmente la bradicardia sinusal (12%) y bloqueo atrioventricular. De este último con riesgo de deterioro de la conducción, normalmente ceden al disminuir la dosis, si no es el caso se opta por implantar un marcapasos. Además, se ha reportado un aumento en el umbral de estimulación de desfibriladores monofásicos y bifásicos de hasta un 62%. La hipotensión es el principal EA tras la administración IV de amiodarona tras las primeras horas, donde se recomienda como medidas preventivas que las tasas iniciales de infusión no excedan los 30 mg/min [5,12]. La prolongación del intervalo QT, siendo este un valor superior a 460 ms, y TdP, una arritmia potencialmente mortal con una prevalencia inferior al 1%, constituyen el principal punto de interés en el presente manuscrito y serán abordadas posteriormente [18].

2.2. Tiroideos

La amiodarona está conformada de un 37.5% de yodo, dosis que superan las máximas diarias, incluso comparte similitud a las hormonas tiroideas triyodotironina (T3) y tiroxina (T4). Como consecuencia, la prevalencia de desarrollar alteraciones tiroideas es del 15-20% [19]. La tirotoxicosis inducida por amiodarona (TIA), está clasificada en dos categorías. La TIA tipo 1 se debe al aumento en la síntesis de hormonas tiroideas, generalmente en pacientes con enfermedad tiroidea previa, mientras que la TIA tipo 2 tiene una mayor recurrencia en pacientes sin disfunciones tiroideas previas y es consecuencia de la citotoxicidad inducida por el fármaco [20,21]. Por otro lado, el hipotiroidismo y el hipertiroidismo son causados por disminución de T3 y el aumento de T3 inactivo, tales efectos precedidos de la inhibición en la conversión de T4 a T3. El hipotiroidismo (1-32%) se asocia a zonas yodo-suficientes, en mujeres y pacientes con anticuerpos antiperoxidasa positivos. El hipertiroidismo (1-23%) se encuentra en zonas yodo-deficientes. A fin de prevenir el empeoramiento del paciente, se recomienda un monitoreo de T3 y T4, antes y 6 meses posteriores al tratamiento con amiodarona [5,21,22].

2.3. Pulmonares

En términos clínicos, la toxicidad pulmonar y la fibrosis pulmonar suponen los EA más preocupantes debido a su gravedad potencialmente fatal. La primera, con una incidencia de 4-17%, puede manifestarse mediante una neumonía organizada con una respuesta favorable a los corticosteroides, neumonía intersticial crónica, nódulos pulmonares y la neumonía eosinófila; esta última se considera el principal hallazgo radiográfico de este EA. La progresión de la toxicidad pulmonar puede incluso ocasionar el síndrome de dificultad respiratoria aguda [5,10,23,24,25]. La fibrosis pulmonar es reportada en 1 de cada 1000 pacientes tras la administración IV de amiodarona y supone una gravedad significativa, ya que puede producirse en los primeros 3 meses tras el inicio del tratamiento con amiodarona. La progresión de la fibrosis pulmonar es alarmante, puesto que existe la posibilidad de desarrollar insuficiencia respiratoria y, en casos fatídicos, la muerte. En estos casos, debe considerarse suspender el fármaco [5,10,26].

2.4. Hepáticos

La amiodarona puede provocar el aumento la aspartato aminotransferasa (AST) y la alanina aminotransferasa (ALT) en un 25% de los casos, aunque tienden a disminuir los valores al suspender el fármaco. Además, puede inducir lesiones y esteatosis hepáticas, ya que su administración continua representa un estrés para el

retículo endoplasmático en el hígado y adipocitos, por lo cual tiende a haber un acúmulo de lípidos y una tendencia a reducir la lipogénesis e inducir lipolisis. La hepatotoxicidad se manifiesta del 15-20% de dos formas: la hepatitis aguda grave, 24 horas después de la administración IV de amiodarona; y la toxicidad crónica que es debido a una terapia oral prolongada, con un marcado incremento de AST y ALT. En casos severos y con múltiples comorbilidades, incluso puede progresar a una insuficiencia hepática. Y como anteriormente se ha mencionado, la reducción o suspensión de amiodarona resulta ideal en estos casos [5,10,27,28].

2.5. Oculares

Entre los EA, se reconoce como una manifestación clave los EA oculares. Más del 90% de los pacientes tratados con amiodarona presentan microdepósitos corneales, que constituyen el principal signo de toxicidad oftalmológica. En un 10% de los casos puede manifestarse junto con halos visuales. La neuritis óptica se considera una de las complicaciones más severas, ya que disminuye la agudeza visual de forma unilateral o bilateral, con una recurrencia de menos del 1-2%; usualmente se revierte al reducir el fármaco, sin embargo, en una minoría de estos casos puede ser permanente. Debe considerarse la suspensión del fármaco [5,29,30,31].

2.6. Dermatológicos

A nivel cutáneo, el síndrome del hombre azul, que, como su nombre lo indica, se manifiesta por una coloración azul-grisácea en la piel, se ha documentado en menos del 3% de los casos, y la variante café-amarillento con una prevalencia del 10%. Estas manifestaciones resultan como consecuencia al acúmulo de amiodarona, y aunque pueden generar molestias estéticas, ambos son benignos. Se recomienda el uso de cremas protectoras e incluso conduce a una suspensión del tratamiento [5,32,33].

3. Prolongación del intervalo QT

El QT prolongado se define como un QT corregido (QTc) superior a 460 ms en mujeres y 450 ms en hombres. La fórmula de Bazett es la más utilizada en la práctica clínica para determinar el QTc en función de la frecuencia cardiaca,

$$(QTc = QT/\sqrt{RR})$$

donde RR es el intervalo entre dos ondas R consecutivas y QT el intervalo entre una onda Q y una onda T.

Existe una etiología diversa, sin embargo, en el caso de la administración de amiodarona, este QTc prolongado es debido a la inhibición de canales iónicos de potasio, encargados de la repolarización cardiaca. Estos valores son variables dependiendo la edad y el sexo del paciente.

Dosis altas de amiodarona, comorbilidades asociadas, desequilibrios electrolíticos, la coadministración de otros fármacos que también alarguen el intervalo QT, entre otros factores, tienden a presentar una mayor probabilidad de desarrollar TdP.

La prolongación del intervalo QT genera un entorno electrofisiológico que favorece la génesis de la arritmia ventricular polimórfica a causa de un complejo ventricular anormal que la desencadena (Figura 1) [34,35,36,37].

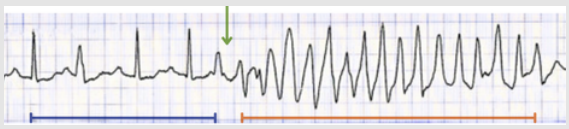


Figura 1. Transición de la prolongación del intervalo QT hacia el inicio de Torsades de Pointes. La línea azul representa la fase previa con prolongación del intervalo QT. La flecha verde resalta el inicio de Torsades de Pointes, correspondiente al primer complejo ventricular anormal. La línea naranja delimita la taquicardia ventricular polimórfica. *Adaptado de: Lee B et al. Rare case of Torsades de Pointes in severe hypothyroidism: literature review and challenges in management. Int J Emerg Med. 2022;15(1):11.*

4. *Torsades de Pointes*

Se reconoce a la TdP como una arritmia ventricular polimórfica que se manifiesta como oscilaciones en la amplitud de los complejos QRS alrededor de la línea isoeléctrica, asociadas a la prolongación del intervalo QT (Figura 2); el aumento del QTc superior a los 500 ms incrementa el riesgo de desarrollar TdP. Esta arritmia puede cesar o progresar a fibrilación ventricular.

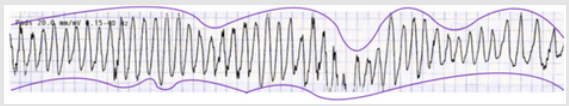


Figura 2. Patrón de torsión de las puntas característico de *Torsades de Pointes*. Las líneas moradas envolventes superior e inferior enfatizan la taquicardia y la variación cíclica de la amplitud de los complejos QRS, generando el aspecto de torsión alrededor de la línea isoeléctrica característico de *Torsades de Pointes* ("torsión de las puntas"). *Adaptado de: Lee B et al. Rare case of Torsades de Pointes in severe hypothyroidism: literature review and challenges in management. Int J Emerg Med. 2022;15(1):11.*

El 50% de los pacientes que desarrollan TdP son asintomáticos, aunque las manifestaciones referidas son síncope, palpitaciones y mareos. En el contexto del tratamiento con amiodarona, afortunadamente representa una incidencia de menos del 1% de los casos.

Aproximadamente el 10% de TdP resultan en una muerte súbita cardiaca. La prevención de esta arritmia implica corregir los factores de riesgo modificables, como suspender la coadministración de fármacos que favorezcan el incremento del QTc y mantener en equilibrio electrolítico al paciente.

El tratamiento principal de TdP es magnesio IV, ya que se encarga de estabilizar la membrana de los cardiomiocitos, además de corregir la hipokalemia. Debido a que TdP es dependiente de la bradicardia, también se puede optar por aumentar la frecuencia cardiaca, generalmente con fármacos como isoproterenol, o con el implante de un marcapasos [39,40,41].

5. Factores de riesgo asociados al tratamiento con amiodarona

En relación con lo anterior, los factores de riesgo incluyen los siguientes (Tabla 1).

Tabla 1. Factores de riesgo de TdP en la terapia farmacológica con amiodarona.

Factores	Ejemplos
Electrocardiográficos	• Incremento del QTc mayor a 460 en mujeres y 450 en hombres • Bradicardia
Electrolíticos	• Hipokalemia • Hipomagnesemia • Hipocalcemia
Relacionados con el paciente	• Edad del paciente (>65 años) • Sexo femenino • Disfunción hepática • Disfunción renal • Duración del tratamiento • Enfermedades cardiacas subyacentes (QT largo congénito, insuficiencia cardiaca, hipertrofia ventricular izquierda, infarto agudo al miocardio) • Obesidad • Metabolismo hepático alterado
Farmacológico	• Tratamiento con diuréticos • Coadministración con fármacos que alargan el intervalo QT • Administración IV (15%)

Distribución de los factores que propician el desarrollo de esta arritmia ventricular polimórfica durante la administración de amiodarona [5,36]. TdP = torsade de pointes; QTc = intervalo QT corregido; IV = intravenosa.

6. Interacciones farmacológicas

En cuanto a las interacciones farmacológicas, se analizaron los fármacos que interactúan con amiodarona y además se verificaron que se encuentren vigentes en México (Tabla 2).

Tabla 2. Fármacos de venta en México asociados al aumento de presentar TdP en coadministración con amiodarona.

Grupo	Fármacos	
Antibióticos:	• Eritromicina • Azitromicina • Claritromicina • Ciprofloxacino • Trimetoprim/sulfametoxazol	• Levofloxacino • Moxifloxacino • Gatifloxacino • Metronidazol
Antifúngicos	• Fluconazol • Itraconazol	• Ketoconazol
Cardiovasculares	• Dronedarona • Ivabradina	• Ranolazina
Antipsicóticos	• Haloperidol • Clorpromazina • Olanzapina	• Risperidona • Aripiprazol • Clozapina
Antidepresivos	• Fluoxetina • Paroxetina • Citalopram • Escitalopram	• Imipramina • Amitriptilina • Mirtazapina • Trazodona
Antidemencia	• Donepezilo	• Galantamina
Antineoplásicos	• Lapatinib • Lenvatinib • Sorafenib • Sunitinib • Osimertinib • Trióxido de arsénico	• Vandetanib • Crizotinib • Dabrafenib • Dasatinib • Tamoxifeno
Antipalúdicos	• Cloroquina • Hidroxicloroquina	
Antihistamínico	• Loratadina	• Hidroxizina
Urológicos	• Solifenacina • Tolterodina	• Alfuzosina
Relajantes musculares	• Ciclobenzaprina	
Analgésicos inhalados	• Isoflurano	• Sevoflurano
Antimigrañosos	• Zolmitriptán	
Antiparkinsonianos	• Apomorfina	
Laxantes	• Fosfato de sodio (mono/dibásico)	
Broncodilatadores	• Formoterol	• Vilanterol
Antieméticos	• Ondansetrón	• Granisetrón
Antirretrovirales	• Efavirenz	• Atazanavir
Antiulcerosos	• Famotidina	

Continuación de Tabla 2

Se enlistan los principales fármacos que cuentan con registro sanitario vigente con COFEPRIS e incrementan el riesgo de TdP tras la administración de amiodarona [5,42]. TdP = torsade de pointes.

DISCUSIÓN

La amiodarona es un antiarrítmico clase III utilizado en el tratamiento de arritmias ventriculares y supraventriculares; sin embargo, su perfil farmacocinético y farmacodinámico se asocia a un amplio espectro de efectos adversos e interacciones farmacológicas. Su principal mecanismo de acción consiste en la inhibición de los canales de potasio tipo HERG, responsables de la repolarización del potencial cardíaco, lo que conduce a la prolongación del intervalo QT. Este fenómeno, por sí mismo, representa un factor de riesgo para el desarrollo de posdespolarizaciones tempranas y, en presencia de comorbilidades y otros factores predisponentes. Puede favorecer la aparición de TdP, una arritmia ventricular polimórfica potencialmente mortal, con una incidencia aproximada menor al 1%.

A pesar de su baja frecuencia, la TdP asociada a amiodarona tiene implicaciones clínicas relevantes, ya que los efectos adversos y las interacciones farmacológicas pueden condicionar la necesidad de ajustar, reducir o suspender el tratamiento. En este contexto, el reconocimiento temprano mediante electrocardiograma, así como la identificación y corrección de factores de riesgo, resultan fundamentales para prevenir desenlaces adversos. Asimismo, es esencial evitar la coadministración de fármacos que prolonguen el intervalo QT y realizar una evaluación individualizada del riesgo en cada paciente.

Entre las principales limitaciones de este estudio se encuentra la escasez de evidencia en población mexicana, así como la falta de registros específicos sobre TdP inducida por amiodarona en este contexto. En consecuencia, futuros estudios deberían enfocarse en el desarrollo de alternativas terapéuticas con un perfil antiarrítmico eficaz y menor incidencia de efectos adversos, con el objetivo de reducir el riesgo de prolongación del QT y el desarrollo de TdP [10,11,36].

CONCLUSIONES

La terapia con amiodarona y el desarrollo de TdP supone un riesgo relativamente bajo frente a otros antiarrítmicos de la misma clase, sin embargo, no es despreciable; además, la existencia de comorbilidades en el paciente incrementa este porcentaje. Es fundamental identificar de forma temprana los factores de riesgo, los fármacos que interactúen con amiodarona, realizar los estudios paraclínicos que el

cardiólogo considere necesarios previo y durante la administración del fármaco, identificar y atender los EA, y, de ser necesario, disminuir o suspender la dosis de amiodarona.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Iván Arael Aréchiga Figueroa por su asesoría académica brindada durante el desarrollo de este trabajo.

Financiamiento

El presente trabajo no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés

La autora declara no tener conflictos de interés.

Consideraciones éticas

El presente trabajo no involucró la participación de seres humanos ni animales, ni la recolección de datos primarios, por lo que no requirió aprobación por un comité de ética en investigación. Todos los datos utilizados provienen de fuentes secundarias previamente publicadas y de acceso público.

REFERENCIAS

1. Wongsalap Y, Miliam W, Deesham S, Thepsaen A, Churasae A, Poolpun D, et al. Incidence and risk factors of QT prolongation and torsades de pointes following intravenous amiodarone administration for atrial fibrillation: a cohort study. Arch Acad Emerg Med. 2025;13(1):e70. doi:10.22037/aaemj.v13i1.2784
2. Șorodoc V, Indrei L, Dobroghii C, Asaftei A, Ceasovschih A, Constantin M, et al. Amiodarone therapy: updated practical insights. J Clin Med. 2024;13(20):6094. doi:10.3390/jcm13206094.
3. Medić F, Bakula M, Alfirević M, Bakula M, Mucić K, Marić N. Amiodarone and thyroid dysfunction. Acta Clin Croat. 2022;61(2):327-341. doi:10.20471/acc.2022.61.02.20
4. Budin CE, Cocuz IG, Sabău AH, Niculescu R, Ianosi IR, Ioan V, et al. Pulmonary fibrosis related to amiodarone: is it a standard pathophysiological pattern? A case-based literature review. Diagnostics (Basel). 2022;12(12):3217. doi:10.3390/diagnostics12123217
5. IBM Micromedex. Amiodarone: Drug interactions [Internet]. Greenwood Village (CO): IBM Watson Health; 2026. Disponible en: https://www.micromedexsolutions.com
6. Tisdale JE. Drug-induced QT interval prolongation and torsades de pointes: role of the pharmacist in risk assessment, prevention and management. Can Pharm J (Ott). 2016;149(3):139-152. doi:10.1177/1715163516641136
7. Cohagan B, Brandis D. Torsade de pointes. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [citado 2026 Abril 8]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459388/
8. Shenthar J, Rachaiah JM, Pillai V, Chakali SS, Balasubramanian V, Chollenhalli Nanjappa M. Incidence of drug-induced torsades de pointes with intravenous amiodarone. Indian Heart J. 2017;69(6):707-713. doi:10.1016/j.ihj.2017.05.024
9. Khan SA, Emmanuel S, Shantha Kumar V, Nerella R, Shaman Ameen B, Patel D, et al. Long QT syndrome with drugs used in the management of arrhythmias: a systematic review. Cureus. 2024;16(7):e65857. doi:10.7759/cureus.65857
10. Prieto Guerra Maidelis, Gómez Fernández Mario Jesús, Vila García Elena Esther. Amiodarona: fortalezas y debilidades. Rev cubana med [Internet]. 2022 Jun [citado 2026 Abr 10] ; 61(2): . Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232022000200012&lng=es. Epub 01-Jun-2022.
11. Gelman I, Sharma N, Mckeeman O, Lee P, Campagna N, Tomei N, et al. The ion channel basis of pharmacological effects of amiodarone on myocardial electrophysiological properties: a comprehensive review. Biomed Pharmacother. 2024 Apr;174:116513. doi:10.1016/j.biopha.2024.116513.
12. Chandana JVS, Meghana GS, Aashritha B, Ganesh B, Rama Rao T. A review on clinical aspects of amiodarone. Int J Res Anal Rev. 2023;10(4):710-721.
13. Fatima N, Mandava K, Khatoon F, Badar J, Begum SF, Narasimhan C, et al. CLInical Profile and Side Effects of chronic use of oral Amiodarone in cardiology outpatients department (CLIPSE-A Study): A prospective observational study. Ann Med Surg (Lond). 2022 Aug;79:104167. doi:10.1016/j.amsu.2022.104167.
14. Claro JC, Candia R, Rada G, Baraona F, Larrondo F, Letelier LM, et al. Amiodarona versus otras intervenciones farmacológicas para la prevención de la muerte súbita cardíaca. Cochrane Database Syst Rev. 2015 Dec 8;(12):CD008093. doi:10.1002/14651858.CD008093.pub2.
15. Apte N, Kalra DK. Pharmacotherapy in Ventricular Arrhythmias. Cardiology. 2023;148(2):119-130. doi:10.1159/000529670.
16. Al-Hiari M, Abumuhfouz M, Kayali L, Panta U, Rueda Rios C. A Fatal Consequence: Amiodarone-Induced Multiorgan Toxicity. Cureus. 2024;16(6):e62260. doi:10.7759/cureus.62260.
17. Solano-Caycedo MC, Palacio-Mejía MI, Sánchez-Zapata P, Fajardo-Andrade LA. Eventos adversos del uso de amiodarona. Rev Colomb Cardiol [Internet]. 2024 Jun [cited 2026 Apr 11];31(3):128-133. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332024000300128&lng=en. doi:10.24875/rccar.21000149.
18. Campinas A, Pereira Santos M, Sousa MJ, Gomes C, Torres S. Amiodarone-induced electrical storm: A nightmare in the emergency room. Cureus [Internet]. 2023;15(11):e49494. Disponible en: http://dx.doi.org/10.7759/cureus.49494
19. Gómez FJ, González P, Juárez R, Martínez V, Fernández MJ, Contreras C, et al. Tirotoxicosis inducida por amiodarona, refractaria a la terapia médica: un informe de caso. Med Clin Pract. 2019;2(4):61–88. doi:10.1016/j.mcpsp.2019.04.002
20. Vergara Ferraz de Souza L, Campagnolo MT, Behrmann Martins LC, Scanavacca MI. Tirotoxicose induzida pela amiodarona: revisão de literatura e atualização clínica. Arq Bras Cardiol. 2021;117(5). doi:10.36660/abc.20190757
21. Salinas Arce JL, Pinto Valdivia M, Solórzano Altamirano P. Hipotiroidismo inducido por amiodarona: reporte de caso. Rev Med Hered. 2012;23(1):45–47. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2012000100010
22. Lima J, Carvalho P, Molina MA, Rebelo M, Dias P, Vieira JD, et al. Disfunção tiróidea e amiodarona. Arq Bras Endocrinol Metab. 2013;57(1). doi:10.1590/S0004-27302013000100010

23. Terzo F, Ricci A, D'Ascanio M, Raffa S, Mariotta S. Amiodarone-induced pulmonary toxicity with an excellent response to treatment: a case report. Respir Med Case Rep. 2020;29:100974. doi:10.1016/j.rmcr.2019.100974
24. Gomes Carvalho J, Fernandes C, França M. Organizing pneumonia secondary to amiodarone treatment. Heliyon. 2022;8(9):e10630. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10630
25. Gomes Carvalho J, Fernandes C, França M. Organizing pneumonia secondary to amiodarone treatment. Heliyon. 2022;8(9):e10630. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10630
26. Sandrino Sánchez M, Mitjans Fernández L, Madraso Calzadilla U, Azcuy Ruiz M, Trujillo Miló I. Enfermedad pulmonar intersticial por amiodarona: a propósito de un caso. Rev Cienc Med Pinar Rio. 2012;16(4):148–157.
27. Li H, Di R, Kong D. Network pharmacology and molecular docking reveal mechanisms of amiodarone-induced pulmonary fibrosis. Sci Rep. 2026;16:4013.
28. Hubel E, Fishman S, Holopainen M, Käkelä R, Shaffer O, Houri I, et al. Repetitive amiodarone administration causes liver damage via adipose tissue ER stress-dependent lipolysis, leading to hepatotoxic free fatty acid accumulation. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. 2021;321(3). doi:10.1152/ajpgi.00458.2020
29. Calderon-Martinez E, Landazuri-Navas S, Kaya G, Cinicola J. Chronic oral amiodarone as a cause of acute liver failure. J Med Cases. 2023;14(2):59–63. doi:10.14740/jmc4044
30. Patel S, Mahmood R. Amiodarone-associated optic neuropathy in a patient with associated arrhythmia. Cureus. 2024;16(3):e55819. doi:10.7759/cureus.55819
31. Dammacco R, Guerriero S, Cardia G, Alessio G, Vacca A, Dammacco F. Amiodarone-induced ocular and extra-ocular toxicity: a retrospective cohort study. Clin Exp Med. 2025;25(1):68. doi:10.1007/s10238-025-01569-3
32. Knudsen A. Short-term treatment with oral amiodarone resulting in bilateral optic neuropathy and permanent blindness. BMJ Case Rep. 2017;2017:bcr2016217436. doi:10.1136/bcr-2016-217436
33. Chávez-Ruiz AK, Martínez-Gallegos JC, Barrera-Ramírez CF. El lado azul de la amiodarona. Arch Cardiol Mex. 2022;92(2):295–296. doi:10.24875/acm.20000552
34. Samadi Takaldani AH, Negaresh M, Salimi M, Javanshir N. Amiodarone-induced blue man syndrome: a case report. J Med Case Rep. 2023;17(1):248. doi:10.1186/s13256-023-03954-6
35. Miranda-Aquino T, Pérez-Topete SE, Ortega-Pantoja W, Gómez-Vázquez CA, Meneses-Pérez LG, González-Padilla C, et al. Long QT syndrome secondary to drug interaction between hydroxychloroquine and amiodarone. Rev Mex Cardiol. 2018;29(2):98–101.
36. Khan SA, Emmanuel S, Shantha Kumar V, Nerella R, Shaman Ameen B, Patel D, et al. Long QT syndrome with drugs used in the management of arrhythmias: a systematic review. Cureus. 2024;16(7):e65857. doi:10.7759/cureus.65857
37. Gotta V, Donner B. QT interval prolongation: clinical assessment, risk factors and quantitative pharmacological considerations. J Pharmacokinet Pharmacodyn. 2025;52(6):61. doi:10.1007/s10928-025-10010-x
38. Diaz-Lazo A, Mallma Gomez M, Cacho Maldonado N, Garayar Socualaya Z, Barrientos Huamani C, Cordova Rosales C. Tormenta arrítmica en el contexto de un síndrome de QT largo inducido por amiodarona. Horiz Med (Lima). 2025;25(3):e3760. doi:10.24265/horizmed.2025.v25n3.13
39. Lee B, Lee WF, Lim BL. Rare case of Torsades de Pointes in severe hypothyroidism: literature review and challenges in management. Int J Emerg Med. 2022;15(1):11. doi:10.1186/s12245-022-00417-5
40. Cohagan B, Brandis D. Torsade de Pointes. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2026 Apr 17]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459388/
41. Tsuji Y, Yamazaki M, Shimojo M, Yanagisawa S, Inden Y, Murohara T. Mechanisms of torsades de pointes: an update. Front Cardiovasc Med. 2024;11:1363848. doi:10.3389/fcvm.2024.1363848
42. Dzebu AS, Draffor E, Henriquez Italin O. A scary tale of a twisted storm: a case report of torsades de pointes in acquired long QT syndrome. Cureus. 2025;17(6):e86577. doi:10.7759/cureus.86577
43. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Buscador público de registros sanitarios [Internet]. Ciudad de México: COFEPRIS; [cited 2026 Apr 17]. Available from: https://tramiteselectronicos02.cofepris.gob.mx/BuscadorPublicoRegistrosSanitarios/BusquedaRegistroSanitario.aspx

Detección Temprana de Hipoacusia Neonatal: Algoritmo de Tamizaje

Paulina González-Aguilar[1], Diana Govea-González[1].

[1] Facultad de Medicina, Universidad Autonóma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.

Autor de correspondencia: Paulina González-Aguilar, pgonzalezagui@gmail.com

Recibido: 20 de febrero de 2026. | Aceptado: 15 de mayo de 2026.

RESUMEN

Un tamiz se utiliza para hacer un cribado y detección de un grupo de enfermedades relevantes en la etapa neonatal, entre las cuales se encuentra la hipoacusia, la cual se define como la disminución o ausencia de la capacidad de percibir e interpretar las ondas sonoras. La pérdida auditiva no tratada constituye un grave obstáculo para el desarrollo del lenguaje oral, la escritura y la cognición, así como para la educación e integración social del niño.

El tamiz auditivo neonatal (TAN) se realiza mediante dos herramientas: Emisiones Otoacústicas (EOA) y Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEATC) que se complementan entre sí para la detección oportuna y tratamiento de hipoacusias.

Se propone un algoritmo para optimizar la comprensión, aplicación y seguimiento del tamiz auditivo neonatal (TAN). Con base en los factores de riesgo y en el resultado de las emisiones otoacústicas (EOA) como primera prueba universal, se determina la necesidad de realizar los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral (PEATC) y se establece el esquema de seguimiento correspondiente.

Palabras clave: tamiz auditivo neonatal, hipoacusia neonatal, potenciales evocados auditivos.

INTRODUCCIÓN

El ser humano se relaciona a través de los órganos de los sentidos, establece alianzas, despierta emociones y delimita normas éticas y de convivencia. Por lo tanto, la pérdida auditiva no tratada constituye un grave obstáculo para el desarrollo, la educación y la integración social en la infancia. Esta condición aísla al individuo de la información de su entorno, lo que dificulta la adquisición del lenguaje oral, la escritura y el desarrollo cognitivo. En México, se estima que 10 millones de personas padecen algún tipo de hipoacusia, de las cuales entre 200,000 y 400,000 presentan sordera total. Además, se calcula que nacen cada año entre 2,000 y 6,000 niños con sordera congénita; por lo tanto, la hipoacusia se considera un problema de salud pública [1].

Un factor determinante de esta enfermedad es la edad en la que se inicia la intervención, ya que los niños cuya pérdida auditiva se detecta de forma temprana y que reciben una rehabilitación rápida y adecuada, obtienen mejores resultados y un mayor progreso que aquellos a los que se les detecta de forma tardía; por lo tanto, es fundamental reconocer que es posible detectar las deficiencias auditivas desde las primeras horas posteriores al parto. Resulta imprescindible actuar durante las etapas de maduración y modelado de las estructuras corticales, ya que este periodo crítico define el pronóstico y el desarrollo futuro de los recién nacidos con sordera o problemas profundos de audición que nacen cada año en nuestro país [2].

En el ejercicio de la medicina, el ideal por excelencia es la prevención de enfermedades, por eso el tamiz auditivo neonatal y su seguimiento es trascendental dado que la pérdida auditiva es asintomática, y normalmente pasa desapercibida. El tamizaje debe ser universal, aplicándose a todos los recién nacidos independientemente de si presentan factores de riesgo o no. Asimismo, es fundamental que esta estrategia sea conocida no solo por el personal médico, sino también por los padres o tutores, garantizando así una intervención oportuna que favorezca un desarrollo y una cognición adecuados para la edad del niño.

TAMIZ AUDITIVO NEONATAL

Un “tamiz” se refiere al “…acto de examinar, seleccionar concienzudamente o depurar y elegir con cuidado y minuciosidad…”, según la RAE [2]. En otras palabras, un tamiz se utiliza para hacer un cribado y detección de un grupo de enfermedades relevantes en la etapa neonatal, entre las cuales se encuentra la hipoacusia.

La hipoacusia es la disminución o ausencia de la capacidad de percibir e interpretar las ondas sonoras y, por lo tanto, las sensaciones auditivas. Se pueden clasificar diferentes grados de hipoacusia:

- **Hipoacusia superficial:** umbral entre 30 y 40 dB.
- **Hipoacusia moderada:** umbral auditivo entre 41 y 60 dB.
- **Hipoacusia severa:** umbral entre 61 y 90 dB.
- **Hipoacusia profunda:** umbral superior a 90 dB.

El tamiz auditivo neonatal (TAN) se puede realizar en uno o dos pasos, mediante pruebas de Emisiones Otoacústicas (EOA) y/o Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEATC). El tamiz con EOA se realiza a todos los recién nacidos sin excepción

y, si el resultado es anormal o si el neonato cuenta con factores de riesgo, se debe realizar otro estudio con PEATC a los tres meses de edad corregida, para evitar falsos negativos que pudieran ser dados por las EOA. Las EOA tienen una sensibilidad >80% en recién nacidos sanos, sin embargo, en recién nacidos con factores de riesgo la sensibilidad disminuye a menos del 60% [1].

FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN

La cóclea se divide en tres compartimientos: la escala vestibular, la escala timpánica y el compartimiento medio o escala media; esta última contiene al órgano de Corti y está separada de los dos primeros por la membrana de Reissner y la membrana basilar, respectivamente. Todo este sistema se distribuye a lo largo del modiolo coclear, desde la base hasta el ápex. (Figura 1) [3].

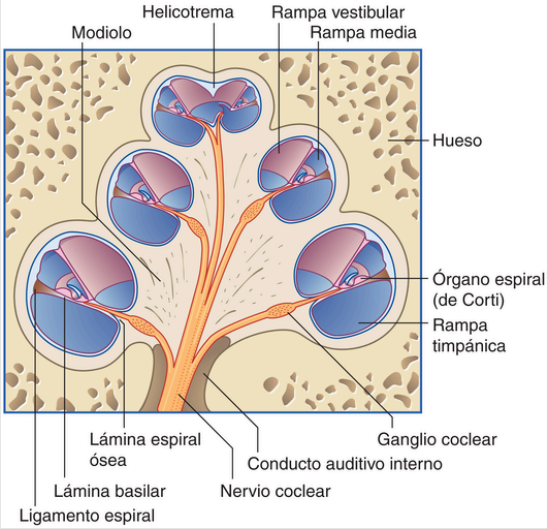


Figura 1. Corte de cóclea. *Tomada de: Mtui E. Fitzgerald. Neuroanatomia Clinica Y Neurociencia. 8a ed. Elsevier; 2022.*

Las células ciliadas (Figura 2) se interconectan mediante la citoarquitectura del órgano de Corti. Así, cuando varias células se mueven en sincronía, su respuesta mecánica se puede sumar; por lo tanto, esta activación de grandes números de células coordinadas puede cambiar la respuesta mecánica de la cóclea. Las células ciliadas externas influyen de manera mecánica en las respuestas de las células ciliadas internas [3].

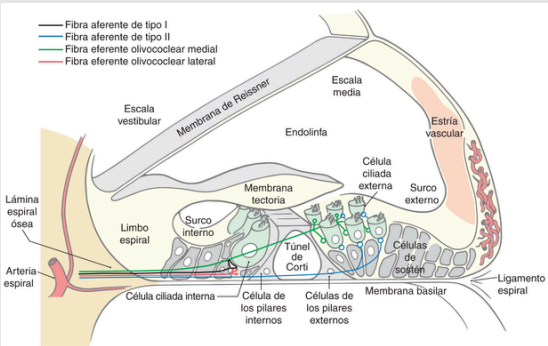


Figura 2. Sección transversal de una vuelta típica del laberinto coclear. *Tomada de: Haines DE. Principios de Neurociencia: Aplicaciones Basicas Y Clinicas. 5a ed. Elsevier; 2019.*

Las células ciliadas internas transmiten el mensaje auditivo al cerebro, mientras que las células ciliadas externas proporcionan alta sensibilidad y selectividad de frecuencias a la cóclea (Figura 2). La pérdida auditiva coclear se asocia, en ocasiones, con la lesión de las células ciliadas. Algunas veces, las células ciliadas internas pueden no funcionar o faltar, lo que significa que la inervación del nervio auditivo en estas zonas podría no estar funcionando o haberse degenerado [3].

EMISIONES OTOACÚSTICAS

Las emisiones otoacústicas son vibraciones mecánicas generadas en la cóclea, que se transmiten a través del fluido linfático y por el oído medio al conducto auditivo externo, donde con un micrófono pueden registrarse sonidos débiles (Figura 3) [3].

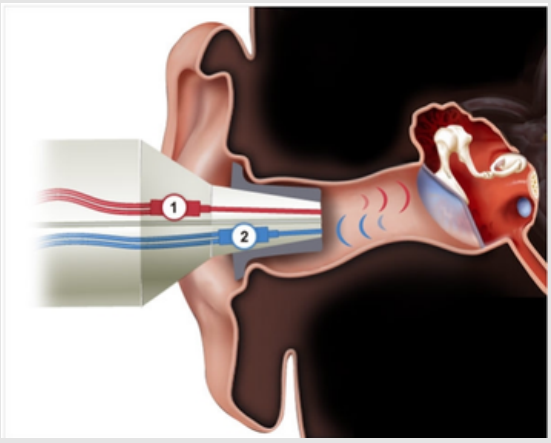


Figura 3. Esquema de emisiones otoacústicas: (1) sonda que emite el sonido estímulante; (2) micrófono que recoge el sonido emitido por las células ciliadas. *Tomada de: Puel J-L. Otoemisiones [en línea]. Disponible en: https://www.cochlea.eu/es/exploracion-funcional/metodos-objetivos/otoemisiones*

El órgano de Corti recibe sonidos, pero también los procesa y los envía por la vía acústica al cerebro; al mismo tiempo, produce y emite sonidos espontáneos a partir de la actividad de sus estructuras. A esto se le conoce como emisiones otoacústicas espontáneas [3].

Las emisiones otoacústicas transitorias son respuestas de frecuencia que surgen en la cóclea y que pueden medirse en el conducto auditivo externo después de un breve estímulo acústico, el cual puede ser un *click* o un tono *burst*. Esas emisiones se identifican en todos los sujetos con audición normal y son una expresión de funcionalidad coclear normal [3].

La mayoría de las hipoacusias cursan con lesiones en el oído externo, el oído medio o la cóclea, específicamente hasta las células ciliadas externas; estas últimas se pueden detectar mediante emisiones otoacústicas. Por otro lado, las emisiones tienen incapacidad para detectar lesiones posteriores a las células ciliadas externas; por lo tanto, no detectan hipoacusias retrococleares, siendo los PEATC de mayor especificidad y sensibilidad para detectar estas hipoacusias por neuropatía auditiva. Debido a lo anterior, se ha optado por realizar tamices auditivos que incluyan la evaluación con EOA y PEATC [4,5].

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL

En la audiología pediátrica, los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral (PEATC), permiten tener una idea objetiva de la audición, la intensidad de su pérdida y la localización de la lesión, ya que son un método cualitativo y cuantitativo de registro de la actividad generada por el sistema nervioso auditivo central en el tallo como respuesta a la estimulación acústica. Consiste en la estimulación de la vía auditiva mediante un clic (estimula la mayor parte de la cóclea). Este estímulo mecánico es transformado en el órgano de Corti en un estímulo eléctrico que recorre la vía auditiva hasta alcanzar la corteza cerebral.

Los PEATC constituyen una herramienta fundamental en los programas de detección de hipoacusias cocleares y retrococleares, sobre todo en niños pequeños y en casos en los que es difícil obtener resultados de una audiometría.

El estudio se realiza colocando un electrodo en cada mastoides y otro electrodo activo en la frente, se acoplan con pasta transductora que facilita la transmisión de la actividad eléctrica y se fijan a la piel con pastas autoadhesivas (Figura 4). El estímulo sonoro se suministra a través de unos auriculares convencionales, intracanal o de un vibrador óseo, estableciendo previamente el número de clics por segundo, así como la morfología, la duración y la intensidad del estímulo.



Figura 4. Aplicación de PEATC: (1) electrodo activo (-) mastoides; (2) transductor por vía aérea, audífono; (3) electrodo en línea media (tierra); (4) electrodo de referencia (+). *Tomada de: Senced. Potenciales evocados auditivos: limitaciones y ventajas [en línea]. Disponible: https://audiopacks.es/es/blog-audiosocial/2013/01/27/potenciales-evocados-limitaciones-y-ventajas*

Posteriormente se reflejará un trazo de 5 ondas que nos orientarán al estado auditivo del paciente (figura 5).

- **Onda I:** actividad eléctrica del ganglio espiral.
- **Onda II:** parte posterior del núcleo coclear anteroventral y zona anterior del núcleo coclear posteroventral.
- **Onda III:** parte anterior del núcleo coclear anteroventral ipsilateral y núcleo medial del cuerpo trapezoide contralateral.
- **Onda IV:** células isolaterales y contralaterales de la oliva medial superior.
- **Onda V:** células del lemnisco lateral y/o colículo inferior.

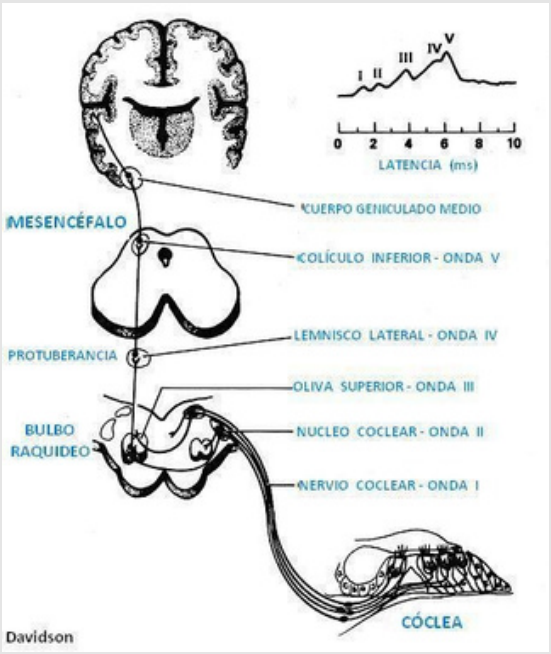


Figura 5. Ondas a través de la vía auditiva. *Tomada de: Lafuente DA.Potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC) [en línea]. Disponible en: https://www.sorderayvertigo.com/sordera/pruebas//*

El diagnóstico cuantitativo se realiza con la identificación de la onda V, que es la última en desaparecer y la que se visualiza con más facilidad.

Es de gran importancia realizar los PEATC principalmente en pacientes con factores de riesgo para desarrollar hipoacusia ya que, además de orientarnos a una detección oportuna, se trata de una prueba no invasiva que permite diagnosticar con bastante precisión la enfermedad auditiva.

ALGORITMO PROPUESTO DE TAMIZ AUDITIVO NEONATAL

Las recomendaciones de la OMS sugieren un protocolo de tamizaje auditivo con el principio "1-3-6" que funciona como nemotecnia para:

- **1** - En todos los niños se debe realizar el tamiz auditivo dentro del primer mes de vida.
- **3** - Todos los niños con tamiz inicial y segundo tamizaje que requieran una prueba diagnóstica deben recibir una evaluación auditiva apropiada dentro de los primeros tres meses de vida para confirmar su estado auditivo.
- **6** - Una vez que se diagnostica la pérdida auditiva, el niño y la familia deben tener acceso inmediato a las estrategias de intervención. Esto debe comenzar lo más pronto posible después del diagnóstico y a más tardar a los seis meses de edad.

Se realizó un estudio en recién nacidos del Hospital Regional de Alta Especialidad “Dr. Ignacio Morones Prieto” para determinar la validez diagnóstica de las EOA en pacientes de alto riesgo (Tabla 1). El estudio demostró que, de la muestra de 134 pacientes, las EOA arrojaron un resultado de "acontrol" en 7 de ellos, mientras que los 127 restantes obtuvieron un resultado de "pasar". Posteriormente, al realizar la prueba con PEATC al mismo grupo, se observó que 115 neonatos presentaban audición normal, mientras que 19 mostraron resultados anormales [1].

Tabla 1. Factores de riesgo para desarrollar hipoacusia.

Factores de riesgo
• Infección in útero. • Hemorragia intraventricular. • Estancia en UCIN >24 horas. • Asfixia perinatal severa. • Peso menor de 1.500 g. • Medicamentos ototóxicos. • Anormalidades craneofaciales. • Sepsis temprana y tardía. • Ventilación mecánica asistida.

UCIN = unidad de cuidados intensivos neonatales. Tabla de autoría propia, con información obtenida de: González-Amaro C. Validez de las emisiones otoacústicas para detectar hipoacusia en neonatos de alto riesgo. Pediatr Mex. 2013;15(3):80-83

Actualmente, derivado de los estudios que se han realizado y por recomendaciones de la OMS, el tamizaje y diagnóstico de problemas auditivos se lleva a cabo de la siguiente forma (Figura 6):

1. Se realiza el tamizaje por medio de las EOA dentro del primer mes de vida (de preferencia antes del alta hospitalaria) [5]. Este tamizaje puede tener 2 resultados:
   a. Pasar: correcta conducción coclear del estímulo auditivo.
   b. Acontrol: alteraciones en la conducción y/o recepción del estímulo auditivo.
2. Una vez obtenidos los resultados, se pueden seguir diferentes caminos:
   a. Resultado “pasar” en ambos oídos, sin factores de riesgo: Alta y seguimiento en atención primaria, debido al bajo riesgo [6].
   b. Resultado “pasar” en ambos oídos, con factores de riesgo: PEATC a los 3 meses de edad corregida, por el riesgo [5,6].
   c. Resultado “acontrol” en 1 o ambos oídos, sin factores de riesgo: Repetir las EOA.
      i. Resultado “pasar”: seguimiento en atención temprana y vigilancia.
      ii. Resultado “acontrol”: realizar PEATC dentro de los primeros 3 meses de edad corregida [5,6].
   d. Resultado “acontrol” en 1 o ambos oídos, con factores de riesgo: PEATC a los 3 meses de edad corregida [6].

En todos los casos se debe realizar un seguimiento al año, a los tres y a los seis años de edad, debido a que puede presentarse una hipoacusia de inicio tardío; aunque esta condición es menos frecuente, dicho esquema permite evitar que sea pasada por alto.

Dependiendo del resultado desfavorable de la prueba con PEATC, se tomará la decisión de los siguientes estudios a realizar para definir la causa y seguimiento de la hipoacusia, esto último se lleva a cabo por especialistas audiólogos u otorrinolaringólogos [5,6].

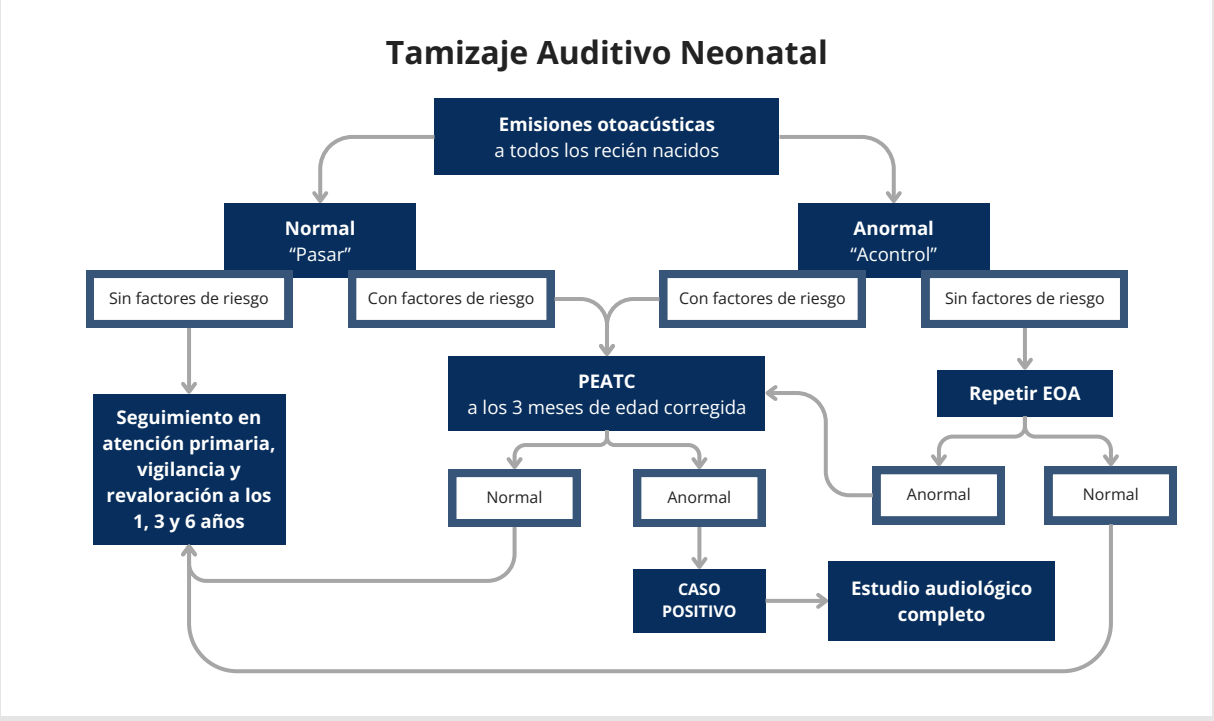


Figura 6. Algoritmo del tamizaje auditivo neonatal y seguimiento. Autoría propia, con información obtenida de: *World Health Organization. Hearing screening: considerations for implementation. Geneva: World Health Organization; 2021. PEATC = potenciales evocados auditivos de tallo cerebral; EOA = emisiones otoacústicas.*

CONCLUSIONES

Es de gran importancia para el personal médico tener conocimiento acerca del algoritmo de Tamizaje Auditivo Neonatal con el fin de realizar una detección oportuna de la hipoacusia y la sordera.

Como médicos de atención primaria es relevante llevar a cabo la promoción del seguimiento correcto del TAN entre los padres y tutores del recién nacido en pro de su bienestar.

En conclusión, el tamizaje auditivo neonatal es una herramienta fundamental para detectar a tiempo posibles problemas de audición en los recién nacidos, posibilitando intervenciones tempranas que favorezcan su desarrollo lingüístico, cognitivo y social, mejorando significativamente su calidad de vida a largo plazo.

Financiamiento

El presente trabajo no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Consideraciones éticas

El presente trabajo no involucró la participación de seres humanos ni animales, ni la recolección de datos primarios, por lo que no requirió aprobación por un comité de ética en investigación. Todos los datos utilizados provienen de fuentes secundarias previamente publicadas y de acceso público.

REFERENCIAS

1. González-Amaro C, Reyna-Barrientos M, Hernández-Sierra F, Suárez-Llanas B, Torres-Carreón F, Escalante-Padrón F. Validez de las emisiones otoacústicas para detectar hipoacusia en neonatos de alto riesgo. Pediatr Mex. 2013;15(3):80-83.
2. Berruecos-Villalobos P, coord. Tamiz auditivo neonatal e intervención temprana. México: Intersistemas; 2014. (Documentos de postura).
3. Uribe Escamilla R, Durand Rivera JA. Bases técnicas y fisiológicas de las emisiones otoacústicas transitorias. An Orl Mex. 2005;50(4):103-111.
4. Núñez-Batalla F, Jáudenes-Casaubón C, Sequí-Canet JM, Vivanco-Allende A, Zubicaray-Ugarteche J, Olleta Lascarro I. Programas de cribado de la hipoacusia congénita en 2020: recomendaciones CODEPEH. Acta Otorrinolaringol Esp [en línea]. 2021;72(5):312-323. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.otorri.2020.06.009
5. World Health Organization. Hearing screening: considerations for implementation. Geneva: World Health Organization; 2021.
6. US Preventive Services Task Force. Universal screening for hearing loss in newborns: US Preventive Services Task Force recommendation statement. Pediatrics [en línea]. 2008;122(1):143-148. Disponible en: https://doi.org/10.1542/peds.2007-2210

Esta página se ha dejado en blanco intencionadamente

Uso de Simulación Clínica en la Educación Médica

Lilia Giselle Cano-García[1].

[1] Universidad del Valle de México Querétaro Campus, Querétaro, México.

Autor de correspondencia: Lilia G. Cano-García, giss.cano@outlook.com
Recibido: 14 de mayo de 2026. | Aceptado: 30 de mayo de 2026.

RESUMEN

La simulación clínica se ha consolidado como una de las estrategias pedagógicas más relevantes en la educación médica contemporánea debido a su capacidad para fortalecer competencias clínicas en entornos seguros y controlados. El presente ensayo analiza críticamente el papel de la simulación clínica en la formación de profesionales de la salud, con énfasis en sus fundamentos pedagógicos, modalidades de implementación, beneficios documentados y principales desafíos. A partir de literatura científica reciente, se examinan teorías como el aprendizaje experiencial, la práctica deliberada y la teoría de la carga cognitiva, así como la importancia del *debriefing* como núcleo del aprendizaje reflexivo. Asimismo, se describen los distintos niveles y modelos de simulación, incluyendo simuladores de baja y alta fidelidad, pacientes estandarizados, realidad virtual y simulación híbrida, destacando la relevancia de su integración curricular longitudinal. La evidencia revisada demuestra que la simulación favorece la adquisición y retención de competencias técnicas y no técnicas, mejora el trabajo en equipo y contribuye a la seguridad del paciente al permitir el entrenamiento en escenarios de alta complejidad sin riesgo real. No obstante, su efectividad depende del rigor pedagógico, la capacitación docente y la adecuada articulación con la práctica clínica supervisada. Finalmente, se reflexiona sobre la necesidad de concebir la simulación como un medio para la formación integral y ética de los futuros profesionales de la salud, y no únicamente como una innovación tecnológica.

Palabras clave: simulación clínica, educación médica, competencias.

INTRODUCCIÓN

La medicina contemporánea enfrenta una paradoja formativa que pocas disciplinas comparten con la misma intensidad: para aprender a curar, el estudiante necesita practicar con quien puede resultar afectado por esa práctica. Durante décadas, el modelo de aprendizaje hospitalario basado en la observación y la repetición progresiva de procedimientos sobre pacientes reales fue la norma. Sin embargo, la creciente complejidad del ejercicio clínico, los estándares éticos en expansión y la evidencia acumulada sobre errores médicos evitables han exigido replantear los fundamentos de la formación médica [1].

En este contexto emergió la simulación clínica como alternativa sistemática que permite aproximar al estudiante a la realidad clínica sin comprometer la seguridad del paciente. Su desarrollo ha sido impulsado por la confluencia de marcos pedagógicos centrados en el aprendizaje activo, la revolución tecnológica en dispositivos de simulación y una agenda global de seguridad en salud que coloca al error médico como un problema de salud pública prioritario. En las dos últimas décadas el uso de la simulación ha crecido de forma exponencial, y en la actualidad constituye la principal estrategia de entrenamiento práctico en múltiples programas de ciencias de la salud a nivel mundial [2].

La simulación clínica puede definirse como una técnica pedagógica que utiliza escenarios diseñados para reemplazar o ampliar experiencias reales con el fin de evocar de forma interactiva aspectos sustanciales del mundo clínico.

La simulación está en sintonía con los nuevos paradigmas de la educación y es consistente con las teorías del aprendizaje experiencial, ya que promueve el desarrollo de habilidades psicomotoras y fortalece las funciones ejecutivas en un ambiente controlado [1].

Su relevancia en la educación médica contemporánea es múltiple. Desde una perspectiva ética, permite que el error ocurra en un entorno seguro, sin consecuencias reales para ningún paciente. Desde una perspectiva pedagógica, ofrece repetición deliberada, retroalimentación inmediata y control gradual de la complejidad del escenario. Desde una perspectiva institucional, facilita la evaluación objetiva de competencias y contribuye a la estandarización de los procesos formativos, lo cual resulta especialmente valioso en sistemas de salud con alta variabilidad en la calidad de la formación clínica [3].

A pesar de su creciente adopción, la simulación clínica no está exenta de críticas y limitaciones. Su implementación demanda inversiones financieras considerables, requiere de docentes con competencias pedagógicas específicas y enfrenta el riesgo de convertirse en un fin en sí misma, desvinculándose de la práctica clínica real. Más aún, su incorporación al currículo médico dista de ser homogénea: mientras que algunas instituciones la han integrado de forma longitudinal y articulada, otras la emplean de manera esporádica y desarticulada, comprometiendo así su potencial formativo.

Este panorama plantea una pregunta que organiza el presente ensayo:

¿En qué medida la simulación clínica, cuando se implementa con rigor pedagógico e integración curricular, contribuye a la formación de profesionales de la salud más competentes y seguros?

Por ello, el objetivo de este ensayo es analizar, desde una perspectiva crítica y con sustento en literatura científica reciente, el papel de la simulación clínica como herramienta pedagógica en la formación médica de pregrado y posgrado. Para ello, se examinan sus fundamentos teóricos, los distintos modelos y tecnologías disponibles, los beneficios documentados y los desafíos que condicionan su eficacia. Este trabajo está dirigido a estudiantes y profesionales de la salud interesados en la innovación educativa y la mejora continua de la calidad en la formación clínica, y es redactado desde la perspectiva de una estudiante de medicina que ha transitado por experiencias de simulación en distintas etapas de su formación.

BASES PEDAGÓGICAS DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA

- **Aprendizaje experiencial**

El sustento teórico más ampliamente citado de la simulación clínica es el modelo de aprendizaje experiencial de David Kolb, que postula que el conocimiento se genera a través de un ciclo de cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa.

La simulación ofrece un espacio privilegiado para transitar este ciclo de manera controlada y repetible. Herrera-Aliaga y Estrada retoman a Kolb para señalar que, cuando los estudiantes experimentan situaciones simuladas, deben reflexionar sobre lo vivido, construir conceptos abstractos y probar lo aprendido en nuevas situaciones; en este sentido, el *debriefing*, que se analizará más adelante, actúa como el mecanismo que convierte la experiencia en aprendizaje genuino [2].

Esta alineación entre el ciclo de Kolb y las características operativas de la simulación bien implementada explica por qué esta estrategia ha ganado tanto terreno en la formación médica contemporánea.



Figura 1. La Dra. Mary D. Patterson, capacita a estudiantes de medicina utilizando un simulador de paciente humano en el Centro de Capacitación Experiencial y Simulación de la UF.

Alonso-Peña y Álvarez-Álvarez revisaron 43 estudios sobre simulación en educación en ciencias de la salud y confirmaron que los programas que incorporan retroalimentación estructurada, práctica repetitiva y variación progresiva de la dificultad, todas estas dimensiones del ciclo experiencial, producen los resultados de aprendizaje más consistentes y duraderos [4].

- **Práctica deliberada**

La teoría de la práctica deliberada propuesta por Ericsson señala que la experticia no resulta simplemente de la exposición repetida a una tarea, sino de una práctica consciente, orientada a metas específicas y con retroalimentación de calidad. Felix y Schertzer describen el aprendizaje por maestría (*mastery learning*) como la aplicación directa de este principio a la simulación médica: en este enfoque, el avance no depende del tiempo transcurrido sino del nivel de desempeño demostrado, y el estudiante repite el escenario hasta alcanzar un estándar mínimo de competencia previamente establecido [5].

> *"El entorno de simulación representa una oportunidad ideal para la práctica deliberada de habilidades complejas hasta alcanzar la maestría, tanto en procedimientos rutinarios como en situaciones de baja frecuencia y alta gravedad." (Felix & Schertzer, 2022, p. 1)*

Los resultados de este enfoque son especialmente significativos en procedimientos invasivos y en situaciones de emergencia. Mitzman y colaboradores implementaron un currículo de maestría basado en simulación para residentes de medicina de urgencias pediátricas y encontraron mejoras sustanciales en la ejecución de procedimientos de alto riesgo, con una reducción documentada de la variabilidad en el desempeño entre los participantes, lo que respalda la utilidad del enfoque para disminuir la inequidad formativa dentro de un mismo programa [6].



Figura 2. Un grupo de estudiantes observa a través de pantallas la ejecución de un procedimiento simulado, mientras un instructor dirige la sesión desde una consola central.

- **Teoría de la carga cognitiva**

La teoría de la carga cognitiva distingue entre la carga intrínseca, determinada por la complejidad del material; la carga extrínseca, generada por el diseño instruccional; y la carga germana, destinada al aprendizaje efectivo. En el entorno clínico real, la carga

cognitiva total puede ser tan elevada que el estudiante novato destina la mayor parte de sus recursos cognitivos a evitar errores graves, dejando escaso margen para la reflexión y la consolidación del aprendizaje. La simulación puede reducir la carga extrínseca al eliminar la incertidumbre de las consecuencias reales y ajustar la complejidad del escenario al nivel del aprendiz.

Este principio tiene implicaciones directas en el diseño de los programas de simulación: la progresión gradual de la complejidad no es solo pedagógicamente conveniente, sino cognitivamente necesaria. Tokuno y colaboradores aplicaron la teoría de la carga cognitiva al análisis de programas de simulación en realidad virtual para procedimientos invasivos, y confirmaron que la carga cognitiva percibida por los estudiantes disminuye progresivamente con la práctica, liberando recursos atencionales que se transfieren a la toma de decisiones clínicas [7]. Este hallazgo respalda el diseño de currículos escalonados que inicien con escenarios de baja complejidad antes de introducir situaciones de alta fidelidad y presión temporal.

- **El *debriefing* como núcleo pedagógico**

Si existe un elemento que distingue la simulación clínica pedagógicamente rigurosa de la mera exposición a un escenario, ese es el *debriefing*. Abulebda y colaboradores lo definen como la discusión intencional posterior a la simulación que permite a los participantes comprender claramente sus acciones y procesos de pensamiento para promover el aprendizaje y mejorar el desempeño clínico futuro [8]. Sin un *debriefing* estructurado, la simulación puede producir errores o consolidar conductas inadecuadas sin que el estudiante lo advierta.

> *"El* debriefing *posterior a la simulación es uno de los componentes más efectivos de la educación basada en simulación y la piedra angular de la experiencia de aprendizaje en el entorno de simulación médica." (Abulebda et al., 2022, párr. 1)*

Duff y colaboradores realizaron una revisión sistemática que incluyó 70 estudios sobre métodos de *debriefing* en simulación en salud y encontraron que, si bien existe una gran variedad de modelos y técnicas, los marcos más efectivos comparten características como la exploración del modelo mental del estudiante, el uso de preguntas abiertas y la vinculación explícita entre la experiencia simulada y la práctica clínica real [9]. Esta revisión también señala que la evidencia empírica aún es insuficiente para recomendar un único modelo de *debriefing* por encima de los demás, lo que subraya la necesidad de seguir investigando en este campo.

TIPOS, NIVELES E INTEGRACIÓN CURRICULAR

- **Simuladores de baja fidelidad**

Los simuladores de baja fidelidad incluyen modelos anatómicos estáticos, brazos para canalización venosa, pelvis de sutura o maniquíes básicos de reanimación cardiopulmonar. Su principal ventaja es el bajo costo y la accesibilidad, características que los hacen especialmente útiles en la enseñanza de habilidades procedimentales específicas en las etapas tempranas de la formación. Elendu y colaboradores sostienen que la elección del nivel de fidelidad debe guiarse por los objetivos de aprendizaje y no por la disponibilidad de tecnología, ya que la fidelidad alta no garantiza *per se* resultados superiores cuando el objetivo es la adquisición de una habilidad técnica aislada [2].

Esta distinción resulta especialmente relevante en contextos de recursos limitados. Alonso-Peña y Álvarez-Álvarez reportan que, en instituciones latinoamericanas con acceso restringido a tecnología de alta fidelidad, los modelos de baja fidelidad, cuando se combinan con práctica deliberada y retroalimentación estructurada, producen resultados de aprendizaje comparables a los obtenidos con dispositivos más sofisticados en la adquisición de habilidades procedimentales básicas [4]. Esta evidencia cuestiona el determinismo tecnológico en educación médica y señala que el rigor pedagógico es más determinante que la inversión en equipamiento.



Figura 3. Primer plano de la inserción de un catéter intravenoso en el brazo de un maniquí de entrenamiento, con torniquete y gasas colocados sobre la superficie.

- **Simuladores de alta fidelidad**

Los simuladores de alta fidelidad son maniquíes computarizados capaces de replicar respuestas fisiológicas complejas: pulso palpable, respiración espontánea, dilatación pupilar reactiva, llanto y respuesta a medicamentos. Su uso se concentra en la simulación de escenarios de emergencia, situaciones de alta complejidad y entrenamiento de equipos multidisciplinarios. Elendu y colaboradores señalan que la simulación de alta fidelidad mejora significativamente la toma de decisiones clínicas, la comunicación en equipo y la seguridad en procedimientos invasivos, particularmente en escenarios de baja frecuencia y alta severidad que los residentes pueden no encontrar en cantidad suficiente durante su formación hospitalaria [2].

Sin embargo, la alta fidelidad tecnológica no garantiza automáticamente un aprendizaje superior. El concepto de fidelidad funcional, cada vez más aceptado en la literatura, propone que lo verdaderamente relevante no es cuánto se parece el simulador al paciente real, sino

en qué medida el escenario activa los mismos procesos cognitivos y de toma de decisiones que la situación clínica real. Un escenario bien diseñado con un simulador de fidelidad media puede ser más educativo que uno mal estructurado con tecnología de última generación.



Figura 4. Un equipo clínico realiza un procedimiento sobre un maniquí pediátrico en un entorno de quirófano simulado.

- **Pacientes estandarizados**

Los pacientes estandarizados (PE) son personas entrenadas para representar de manera consistente y reproducible a pacientes con condiciones clínicas específicas. Su uso es especialmente valioso en la enseñanza y evaluación de habilidades comunicativas, entrevista clínica, exploración física y manejo de situaciones emocionalmente complejas como la comunicación de malas noticias. A diferencia de los simuladores de maniquí, los PE ofrecen una interacción humana genuina que activa las mismas respuestas emocionales y comunicativas que el encuentro clínico real, lo cual resulta irreemplazable para el entrenamiento de las denominadas habilidades blandas o competencias relacionales.

Herrera-Aliaga y Estrada destacan que la simulación con pacientes estandarizados es uno de los métodos más utilizados en programas de pregrado para evaluar competencias de comunicación mediante exámenes clínicos objetivos estructurados (ECOE) [1]. Su ventaja pedagógica radica en la posibilidad de reproducir escenarios idénticos para múltiples estudiantes, garantizando condiciones de evaluación equitativas, lo cual resulta difícil de lograr en el contexto clínico real, donde la casuística es inherentemente variable.

- **Realidad virtual y simulación híbrida**

Las tecnologías de realidad virtual (RV) y realidad aumentada representan la frontera más reciente de la simulación en medicina. Han y colaboradores realizaron una revisión sistemática con metaanálisis que incluyó 45 estudios con ensayos controlados aleatorizados sobre el uso de RV en educación en salud y encontraron mejoras significativas en conocimientos, habilidades y actitudes, con un tamaño del efecto moderado a grande en comparación con métodos tradicionales [10]. Moll-Khosrawi y colaboradores demostraron en un ensayo controlado aleatorizado que los estudiantes de primer año de medicina entrenados con RV para soporte vital básico mostraron mayor calidad en la ejecución de maniobras de reanimación cardiopulmonar en comparación con los que recibieron entrenamiento exclusivamente en línea [11].

Birrenbach y colaboradores publicaron un ensayo aleatorizado sobre el uso de RV para entrenamiento en soporte vital avanzado al trauma (ATLS, por sus siglas en inglés) y encontraron que el grupo entrenado con RV mostró un desempeño significativamente superior en escenarios de evaluación posterior, con menor tiempo de respuesta en el manejo de las prioridades de tratamiento [12]. La simulación híbrida, que combina PE con maniquíes parciales o entornos de RV, representa el nivel más alto de integración simulada disponible y ofrece escenarios que replican la complejidad multidimensional del encuentro clínico real, aunque su costo y complejidad logística son considerables.

- **Currículo integrado**

La eficacia de cualquier modalidad de simulación depende de cómo se integra al currículo médico. Alonso-Peña y Álvarez-Álvarez encontraron que los programas que incorporan la simulación de forma longitudinal y articulada con los contenidos teóricos y las prácticas clínicas producen resultados significativamente superiores a los que la utilizan de forma aislada o episódica [4]. La integración curricular implica que los escenarios de simulación estén alineados con los objetivos de aprendizaje de cada etapa formativa, que exista progresión en la complejidad y que el desempeño en simulación tenga implicaciones para la evaluación del estudiante.

Elendu y colaboradores proponen que la simulación debe formar parte de un sistema formativo más amplio y coherente, en el que la experiencia simulada prepara al estudiante para el encuentro clínico real y viceversa; la práctica clínica supervisada retroalimenta el diseño de los escenarios de simulación [2]. Esta bidireccionalidad entre el laboratorio de simulación y la sala clínica es el rasgo que distingue los programas de simulación verdaderamente integrados de aquellos que simplemente incorporan dispositivos tecnológicos sin transformar la lógica curricular.

BENEFICIOS BASADOS EN EVIDENCIA

- **Competencias técnicas**

La evidencia más sólida a favor de la simulación clínica proviene del dominio de las competencias técnicas. Ajemba y colaboradores, en una revisión sistemática que analizó ensayos controlados aleatorizados y estudios cuasi-experimentales publicados entre 2008 y 2023, concluyeron que el entrenamiento basado en simulación es una estrategia educativa efectiva para la adquisición y retención de habilidades clínicas, con resultados superiores a la no intervención y, en varios estudios, a los métodos de entrenamiento tradicionales [3]. La revisión identifica como factores moduladores la duración del programa, la frecuencia de la práctica y la calidad del *debriefing*.

Resultados comparables han sido reportados en contextos específicos. McInerney y colaboradores, en una revisión sistemática sobre el efecto del entrenamiento con simulación en el desempeño de estudiantes de medicina, confirmaron mejoras consistentes en habilidades procedimentales, con una retención del aprendizaje documentada hasta doce meses después del entrenamiento cuando el programa incluía sesiones de refuerzo [13]. Este hallazgo tiene implicaciones prácticas relevantes: la simulación bien diseñada no solo enseña, sino que asegura que lo aprendido persista en el tiempo suficiente para transferirse a la práctica clínica real.

- **Habilidades no técnicas**

Las habilidades no técnicas, como la comunicación, trabajo en equipo, liderazgo situacional, manejo del estrés y toma de decisiones bajo presión, son igualmente susceptibles de entrenamiento mediante simulación clínica, aunque su medición resulta metodológicamente más compleja. Sezgin y Bektas realizaron una revisión sistemática con metaanálisis que incluyó ocho ensayos controlados aleatorizados con 819 participantes y encontraron que los programas de simulación interprofesional mejoran de forma significativa el trabajo en equipo (g de Hedges = 0.41; $p < 0.001$) y la comunicación ($g = 0.54$; $p < 0.001$) entre estudiantes de distintas disciplinas de la salud [14].

Pitiris y colaboradores, en una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2013 y 2023, analizaron 22 estudios sobre el desarrollo de habilidades no técnicas en equipos interprofesionales mediante experiencias de simulación y encontraron que el trabajo en equipo y la cooperación estaban presentes como objetivo de aprendizaje en la totalidad de los estudios incluidos [15]. Esta unanimidad refleja el reconocimiento creciente de que las habilidades no técnicas son tan determinantes para la seguridad del paciente como las habilidades técnicas, y que la simulación ofrece un espacio privilegiado para su entrenamiento sistemático.

- **Seguridad del paciente**

La contribución más trascendente de la simulación clínica a la formación médica contemporánea es, sin duda, su impacto en la seguridad del paciente. Al permitir que el error ocurra y se analice fuera del contexto real, la simulación hace posible identificar y corregir conductas antes de que generen daño. Bennion y Mansell analizaron el papel de la educación basada en simulación en la gestión del paciente deteriorado y concluyeron que los programas de simulación bien estructurados mejoran el reconocimiento temprano del deterioro clínico y la respuesta oportuna del equipo, dos competencias directamente vinculadas con la reducción de eventos adversos graves [16].



Figura 5. Una paciente estandarizada es examinada con un otoscopio por un profesional de la salud, mientras un segundo observador presencia la interacción.

- **Equidad formativa**

Un beneficio menos explorado, pero de creciente importancia, es la contribución de la simulación a la equidad en la formación médica. En el modelo tradicional de aprendizaje hospitalario, las oportunidades de práctica son desiguales: dependen de la casuística del servicio, de las preferencias del médico supervisor y de la disponibilidad del estudiante en momentos clave. La simulación, al replicar escenarios de manera estandarizada, garantiza que todos los estudiantes tengan acceso a las mismas experiencias formativas, independientemente del servicio en que rotan o del hospital en que se forman.

Esta dimensión es especialmente relevante en sistemas de salud con alta variabilidad en la calidad de la formación clínica, como los que predominan en América Latina. Ajemba y colaboradores señalan que la estandarización de las experiencias de simulación puede contribuir a reducir las brechas de competencia entre estudiantes de distintos centros formativos, siempre que los programas se diseñen con criterios de accesibilidad y se articulen con procesos de evaluación estandarizados [3]. En este sentido, la simulación puede constituir un poderoso nivelador de oportunidades educativas.



Figura 6. Una estudiante utiliza un visor de realidad virtual y un dispositivo robótico conectado a una pantalla para prácticar la intervencón quirúrgica en columna vertebral para escoliosis. Un médico experimentado guía la simulación.

DESAFÍOS Y LIMITACIONES

- **Costos de implementación**

La principal barrera para la adopción generalizada de la simulación clínica es su costo. Los simuladores de

alta fidelidad pueden superar los 50,000 dólares por unidad, y su mantenimiento, calibración y actualización implican inversiones recurrentes significativas. A esto se suma el costo de la infraestructura necesaria, con centros de simulación, salas de *debriefing*, sistemas de videograbación, y del personal técnico especializado. Para muchas facultades de medicina en países de ingresos bajos y medios, estas cifras resultan prohibitivas [2].

Sin embargo, este argumento se debe relativizar. Por una parte, los simuladores de baja fidelidad son igualmente efectivos para muchos objetivos de aprendizaje. Por otra parte, los análisis de costo-efectividad disponibles sugieren que la reducción de complicaciones y eventos adversos asociada al entrenamiento simulado puede generar ahorros hospitalarios que justifiquen la inversión inicial. La discusión sobre el costo de la simulación no puede desvincularse del costo humano, institucional y económico del error clínico que podría haberse prevenido.

- **Capacitación docente**

La simulación clínica exige de sus facilitadoras competencias pedagógicas específicas que van más allá del conocimiento clínico experto. El diseño de escenarios, la facilitación del *debriefing*, la evaluación formativa y la integración curricular son habilidades que no se adquieren espontáneamente por el hecho de ser médico con experiencia. Al-Khayat y colaboradores implementaron la herramienta DASH (*Debriefing Assessment for Simulation in Healthcare*) para la capacitación de docentes en simulación. Los autores encontraron que la mayoría de los profesores evaluados mostraron deficiencias en la conducción del *debriefing* antes de recibir entrenamiento formal, registrando mejoras significativas tras la intervención [18].

Ajemba y colaboradores coinciden en señalar que la calidad del facilitador es uno de los determinantes más importantes del impacto formativo de la simulación y que la falta de capacitación docente es una de las causas más frecuentes de que los programas no produzcan los resultados esperados [3]. Esto implica que cualquier inversión institucional en simulación debería incluir, como condición necesaria, un programa sistemático de formación y actualización de sus facilitadores.

- **El riesgo de la sobresimulación**

Un riesgo menos discutido pero igualmente relevante es el de la "sobresimulación": la tendencia a sustituir excesivamente la experiencia clínica real por escenarios simulados. Si bien la simulación puede preparar al estudiante para la práctica, no puede reemplazarla en su totalidad. El encuentro con la incertidumbre genuina, la variabilidad individual del paciente y la carga emocional del sufrimiento humano real son dimensiones de la formación médica que la simulación no puede ni debería intentar replicar completamente.

Elendu y colaboradores advierten que existe preocupación legítima sobre el realismo de las simulaciones y la transferibilidad de las habilidades adquiridas al contexto clínico real [2].

Algunos programas que han incrementado desproporcionadamente el número de horas de simulación en detrimento de la práctica clínica supervisada han reportado que los egresados, aunque técnicamente capaces, muestran menor capacidad para manejar la imprevisibilidad y la complejidad emocional del encuentro clínico real. El equilibrio entre simulación y práctica clínica genuina debe ser un criterio de diseño curricular explícito y reflexivo.

- **Transferencia de habilidades al contexto real**

La pregunta central que rodea a la simulación clínica, si lo que se aprende en el simulador se transfiere efectivamente a la práctica real, sigue siendo objeto de debate. La transferencia no es automática ni garantizada: depende de la fidelidad funcional del escenario, de la calidad del *debriefing*, de la oportunidad de practicar las habilidades adquiridas en el contexto real y del seguimiento longitudinal del desempeño. Ajemba y colaboradores [3] señalan que la evidencia disponible, aunque positiva, es aún heterogénea en calidad metodológica, lo que limita la posibilidad de establecer conclusiones definitivas sobre la magnitud del efecto de transferencia.

Esta limitación no invalida el uso de la simulación, pero sí exige humildad epistemológica: la simulación es una herramienta poderosa dentro de un sistema formativo más amplio, no una solución autosuficiente. Su eficacia depende de la coherencia del diseño instruccional, de la competencia del facilitador y, fundamentalmente, de su integración con la práctica clínica supervisada que le sigue.



Figura 7. Un equipo de profesionales médicos trabaja en conjunto para brindar atención médica de emergencia a un paciente simulado en el centro de simulación del 88.º Grupo Médico.

REFLEXIÓN

- **La simulación como medio, no como fin**

Como estudiantes de medicina que hemos transitado por experiencias de simulación clínica en distintas etapas de nuestra formación, coincidimos en una percepción que la literatura académica respalda: la simulación transforma el aprendizaje únicamente cuando quienes la diseñan e implementan la conciben como un medio para alcanzar competencias clínicas reales, no como un fin en sí misma. El peligro de 'fetichizar' la tecnología, de valorar el simulador por su sofisticación más que por su utilidad pedagógica, es una trampa en la que tanto instituciones como docentes pueden caer.

Hemos participado en sesiones de simulación donde el tiempo dedicado a operar el equipo o a "actuar el

escenario" superó con creces el tiempo de reflexión posterior. El resultado fue una experiencia intensa pero escasamente formativa. Contrastamos esas experiencias con otras en las que un escenario relativamente sencillo, como la comunicación de un diagnóstico inesperado con un paciente estandarizado, fue seguido de un *debriefing* profundo que nos confrontó con nuestros sesgos comunicativos y nuestros patrones automáticos de respuesta ante la incertidumbre clínica. En esos momentos, la simulación cumplió su promesa pedagógica. Esta distinción entre simulación como experiencia y simulación como aprendizaje es exactamente la que Herrera-Aliaga y Estrada identifican como el factor diferenciador entre los programas eficaces y los que simplemente incorporan tecnología sin transformar la pedagogía [1].

- **El *debriefing* como núcleo del aprendizaje**

El análisis de la literatura y nuestra propia experiencia como estudiantes convergen en un punto: el *debriefing* es el elemento que más consistentemente determina la calidad formativa de una sesión de simulación. Cuando el facilitador conduce el *debriefing* con habilidad, explorando el marco mental del estudiante, validando las emociones sin ignorar los errores y vinculando la experiencia simulada con la práctica futura, la simulación trasciende el ejercicio técnico y se convierte en un espacio genuino de construcción de identidad profesional.

La evidencia de Duff y colaboradores sobre la importancia crítica del *debriefing*, junto con la constatación de que muchos facilitadores 'aprenden haciendo' sin formación formal en esta habilidad, nos interpela directamente como actores del sistema educativo [9]. Capacitar a los docentes en el arte y la ciencia del *debriefing* debería ser una prioridad institucional de primer orden, al menos tan importante como la adquisición del equipo de simulación. Sin esta inversión en el capital pedagógico de los facilitadores, la inversión en tecnología pierde gran parte de su potencial transformador.

- **La importancia de la integración curricular**

Finalmente, reflexionamos sobre la necesidad de que la simulación ocupe un lugar explícito y articulado en el currículo médico, no como una actividad extracurricular o un complemento opcional disponible para quienes tienen tiempo y motivación para aprovecharlo. La fragmentación curricular que caracteriza a muchos programas de medicina, en la que la simulación aparece como un evento aislado, desconectado de los contenidos teóricos y de la práctica clínica, reduce drásticamente su potencial formativo.

Un currículo integrado de simulación, tal como lo proponen Alonso-Peña y Álvarez-Álvarez, exige coordinación entre docentes de distintas asignaturas, acuerdo sobre los objetivos de aprendizaje por etapa formativa y un sistema de evaluación que reconozca el desempeño en simulación como un indicador legítimo de competencia [4]. Esto implica un cambio cultural en la institución que va mucho más allá de la adquisición de maniquíes o del acceso a plataformas de realidad virtual. Implica, en última instancia, una decisión colectiva sobre qué tipo de médicos queremos formar y qué condiciones les debemos para lograrlo.

CONCLUSIONES

La simulación clínica ha demostrado ser una herramienta pedagógica de alto valor en la formación de profesionales de la salud, con un impacto positivo documentado en la adquisición de competencias técnicas y no técnicas, y una contribución significativa a la seguridad del paciente. Su sustento en teorías pedagógicas sólidas, como el aprendizaje experiencial, la práctica deliberada, la teoría de la carga cognitiva y el *debriefing* reflexivo, y su capacidad para ofrecer experiencias reproducibles, estandarizadas y seguras la posicionan como un componente esencial de la educación médica contemporánea.

Sin embargo, su eficacia no es inherente al dispositivo tecnológico empleado, sino al rigor pedagógico con que se diseña e implementa. Una simulación sin *debriefing* estructurado, sin integración curricular y sin facilitadores capacitados es, en el mejor de los casos, una experiencia memorable; en el peor, una oportunidad de consolidar errores sin reflexión.



Figura 8. Alumnos practican con simuladores pediátricos para comprender los protocolos de tratamiento que previenen las emergencias pediátricas.



Figura 9. Profesionales del Hospital Sant Joan de Déu Barcelona haciendo una sesión de simulación clínica con SIMTest para detectar riesgos en el procedimiento médico.

La institución que invierte en simuladores sin invertir simultáneamente en la formación de sus docentes y en la coherencia de su currículo está comprando tecnología sin pedagogía.

El horizonte de la simulación clínica apunta hacia tres direcciones de especial relevancia.

La primera es la simulación interprofesional, que reúne en un mismo escenario a estudiantes de medicina, enfermería, farmacia y otras disciplinas para entrenar las competencias colaborativas que los modelos contemporáneos de atención en salud exigen [14]. La segunda es la integración de la inteligencia artificial para el análisis automatizado del desempeño, la retroalimentación personalizada y el ajuste dinámico de la complejidad del escenario [2]. La tercera es la telesimulación, que permite replicar experiencias formativas a distancia y puede contribuir a democratizar el acceso a esta modalidad educativa en contextos de alta dispersión geográfica o recursos limitados [10].

Como estudiantes de medicina, concluimos con un mensaje que nos interpela directamente: la simulación nos ofrece el privilegio de aprender a cuidar sin que nadie pague el costo de nuestro aprendizaje. Esa posibilidad conlleva una responsabilidad ética que nos incumbe a todos, tanto estudiantes, docentes e instituciones: aprovecharla con compromiso, con rigor y con la disposición de dejarnos confrontar por nuestros propios errores antes de que lleguen a un paciente real. En última instancia, la simulación clínica no es solo una herramienta educativa; es una declaración de valores sobre el tipo de médicos que queremos llegar a ser.



Figura 10. El cuerpo docente de la Facultad de Medicina de Tulane dirige un entrenamiento de simulación de alto riesgo desde la sala de control. Evaluando las competencias mostradas por los estudiantes.

Financiamiento

El presente trabajo no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés

La autora declara no tener conflictos de interés.

Consideraciones éticas

El presente trabajo no involucró la participación de seres humanos ni animales, ni la recolección de datos primarios, por lo que no requirió aprobación por un comité de ética en investigación. Todos los datos utilizados provienen de fuentes secundarias previamente publicadas y de acceso público.

REFERENCIAS

1. Herrera-Aliaga E, Estrada LD. Trends and innovations of simulation for twenty-first century medical education. Front Public Health. 2022;10:619769. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.619769
2. Elendu C, Amaechi DC, Elendu TC, Jingwa KA, Okoye OK, John Okah M, et al. The impact of simulation-based training in medical education: A review. Medicine (Baltimore). 2024;103(27):e38813. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000038813
3. Ajemba MN, Ikwe C, Iroanya JC. Effectiveness of simulation-based training in medical education: Assessing the impact of simulation-based training on clinical skills acquisition and retention: A systematic review. World J Adv Res Rev. 2024;21(1):1833-1843. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0163

4. Alonso-Peña M, Álvarez-Álvarez C. Clinical simulation in health education: A systematic review. Investig Educ Enferm. 2023;41(2):e08. https://doi.org/10.17533/udea.iee.v41n2e08
5. Felix HM, Schertzer K. Mastery learning in medical simulation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555918/
6. Mitzman J, Reynolds M, Panchal A, Yee J. A pilot study of a simulation-based mastery learning procedural curriculum for pediatric emergency medicine fellows. Pediatr Emerg Care. 2024;40(12):924-930. https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000003273
7. Tokuno J, Knobovitch RM, Botelho F, Fried HB, Carver TE, Fried GM. Immersive virtual reality simulation for medical student procedural training: Assessment of cognitive load and usability. Simul Healthc. 2025. https://doi.org/10.1177/15533506251339920
8. Abulebda K, Auerbach M, Limaiem F. Debriefing techniques utilized in medical simulation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546660/
9. Duff JP, Morse KJ, Seelandt J, Gross IT, Lydston M, Sargeant J, et al. Debriefing methods for simulation in healthcare: A systematic review. Simul Healthc. 2024;19(1S):S112-S121. https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000765
10. Han E, Kim M, Park J, Hwang Y. Effectiveness of virtual reality in healthcare education: Systematic review and meta-analysis. Sustainability. 2024;16(19):8520. https://doi.org/10.3390/su16198520
11. Moll-Khosrawi P, Falb A, Pinnschmidt H, Zöllner C, Issleib M. Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students during COVID-19 pandemic: A randomised controlled trial. BMC Med Educ. 2022;22:483. https://doi.org/10.1186/s12909-022-03533-1
12. Birrenbach T, Stuber R, Müller CE, Sutter PM, Hautz WE. Virtual reality simulation to enhance advanced trauma life support trainings: A randomized controlled trial. BMC Med Educ. 2024;24:666. https://doi.org/10.1186/s12909-024-05645-2
13. McInerney N, Nally D, Khan MF, Heneghan H, Cahill RA. Performance effects of simulation training for medical students: A systematic review. GMS J Med Educ. 2022;39(5):51. https://doi.org/10.3205/zma001572
14. Sezgin G, Bektas H. Effectiveness of interprofessional simulation-based education programs to improve teamwork and communication for students in the healthcare profession: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Nurse Educ Today. 2023;120:105619. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105619
15. Pitiris A, Constantinou C, Sezgin G. Development and improvement of non-technical skills in interprofessional healthcare teams through simulation-based experiences: A systematic review. Clin Simul Nurs. 2025;100:101677. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2025.101677
16. Bennion J, Mansell SK. Management of the deteriorating adult patient: Does simulation-based education improve patient safety? Br J Hosp Med (Lond). 2021;82(8):1-8. https://doi.org/10.12968/hmed.2021.0293
17. Kubin L, Shreffler MJ. The influence of nursing simulation on patient outcomes and patient safety: A scoping review. Clin Simul Nurs. 2022;68:7-17. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2022.04.004
18. Al-Khayat T, Carter S, Mauger M, Patel A, Patel K, Chavarria L. Implementing the Debriefing Assessment for Simulation in Healthcare (DASH) tool for training medical faculty. Cureus. 2024;16(9):e69290. https://doi.org/10.7759/cureus.69290

Esta página se ha dejado en blanco intencionadamente

Útero Artificial en la Prematuridad Extrema: Avances Actuales y Perspectivas Futuras. Una Revisión Narrativa

César I. Fuentes-Alemán[1], Natalia Michel Olvera-Barragán[1], Karla Andrea Guevara-Galarza[1], José Eduardo Trejo-Elías[2], Miguel S. Lecuona[1].

[1] Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.
[2] Facultad de Medicina, Universidad Panamericana, Ciudad de México, México.

Autor de correspondencia: Miguel S. Lecuona, miguel.lecuona.md@gmail.com
Recibido: 14 de mayo de 2026. | Aceptado: 30 de mayo de 2026.

RESUMEN

La prematuridad extrema continúa siendo una de las principales causas de morbimortalidad neonatal y se asocia con complicaciones respiratorias, neurológicas y del neurodesarrollo a largo plazo. Aunque los avances en cuidados intensivos neonatales han mejorado la supervivencia de estos pacientes, las estrategias convencionales, como la ventilación mecánica, obligan al organismo fetal inmaduro a realizar una transición prematura hacia la fisiología neonatal, exponiendo pulmones, sistema cardiovascular y cerebro a condiciones para las cuales aún no se encuentran preparados. En este contexto, el útero artificial y los sistemas de soporte fetal extrauterino han surgido como una alternativa experimental orientada a preservar temporalmente la fisiología fetal fuera del útero materno.

El objetivo de esta revisión narrativa fue analizar los fundamentos fisiológicos, la evolución histórica, los principales modelos contemporáneos, los resultados experimentales y los desafíos traslacionales y éticos relacionados con estas tecnologías. La literatura disponible muestra que plataformas como EXTEND/Biobag han logrado mantener en modelos animales extremadamente prematuros un ambiente líquido cerrado, circulación umbilical funcional, intercambio gaseoso extracorpóreo y estabilidad hemodinámica prolongada, favoreciendo la maduración pulmonar y preservando parcialmente condiciones asociadas con el neurodesarrollo fetal. A diferencia de la terapia neonatal convencional, estos sistemas no buscan adaptar rápidamente al prematuro a la vida extrauterina, sino prolongar de manera controlada el estado fisiológico fetal durante una etapa crítica de maduración orgánica. Sin embargo, su aplicación clínica humana permanece limitada por desafíos relacionados con anticoagulación, miniaturización de circuitos, canulación umbilical, control infeccioso, seguridad neurológica, selección de candidatos y consideraciones bioéticas sobre viabilidad e intervención médica.

En conjunto, el útero artificial representa una tecnología preclínica prometedora y un cambio de paradigma en el abordaje de la prematuridad extrema, cuyo valor futuro dependerá no sólo de prolongar la supervivencia, sino de mejorar la supervivencia funcional y reducir las secuelas a largo plazo.

Palabras clave: útero artificial, prematuridad extrema, soporte fetal extrauterino, placenta artificial, ectogénesis.

INTRODUCCIÓN

La prematuridad extrema continúa siendo una de las principales causas de morbimortalidad neonatal a nivel mundial. Se estima que cada año ocurren aproximadamente 15 millones de nacimientos prematuros, de los cuales una proporción importante corresponde a neonatos nacidos antes de las 28 semanas de gestación, clasificados dentro del grupo de prematuridad extrema [1,2]. A pesar de los avances alcanzados en cuidados intensivos neonatales durante las últimas décadas, la supervivencia de estos pacientes continúa asociándose a elevadas tasas de complicaciones respiratorias, neurológicas y del neurodesarrollo a largo plazo.

El principal problema fisiopatológico radica en que muchos de estos pacientes nacen durante etapas críticas de maduración orgánica, particularmente durante las fases canalicular y sacular temprana del desarrollo pulmonar. En este periodo, el pulmón presenta inmadurez estructural significativa, caracterizada por escaso desarrollo alveolar, vascularización incompleta y producción insuficiente de surfactante, limitando gravemente la capacidad de realizar intercambio gaseoso efectivo fuera del entorno intrauterino [2,3]. Como consecuencia, la supervivencia depende frecuentemente de ventilación mecánica, oxigenoterapia y múltiples intervenciones invasivas que, aunque indispensables, contribuyen al desarrollo de lesión pulmonar y daño multisistémico.

Además de la inmadurez pulmonar, el nacimiento prematuro obliga al organismo fetal a realizar una transición fisiológica abrupta hacia la vida neonatal cuando múltiples sistemas aún no se encuentran preparados para funcionar fuera del ambiente intrauterino. El paso desde una circulación dependiente de la placenta hacia una fisiología basada en ventilación pulmonar y circulación posnatal independiente puede desencadenar inestabilidad hemodinámica, inflamación sistémica, estrés oxidativo y alteraciones de la perfusión cerebral, favoreciendo complicaciones como broncodisplasia pulmonar, hemorragia intraventricular, lesión de sustancia blanca y encefalopatía de la prematurez [1,4].

Aunque las estrategias neonatales contemporáneas han mejorado la supervivencia, los resultados funcionales continúan siendo limitados en pacientes situados en el límite de viabilidad, especialmente por la persistencia de secuelas pulmonares y neurológicas a largo plazo [2].

En este contexto, durante las últimas décadas ha resurgido el interés por desarrollar tecnologías capaces de preservar parcialmente la fisiología fetal fuera del útero materno. Los sistemas contemporáneos de soporte fetal extrauterino, incluyendo las plataformas de placenta artificial y útero artificial, buscan mantener circulación fetal, intercambio gaseoso extracorpóreo y pulmones llenos de líquido, evitando parcialmente la transición neonatal prematura [3,5]. Estos dispositivos no tienen el fin de lograr la ectogénesis completa, sino prevenir el daño pulmonar y cerebral severo que ocurre cuando pulmones inmaduros se exponen al aire prematuramente, prolongando así el entorno físico del útero (Figura 1).

A diferencia de la terapia neonatal convencional, cuyo objetivo principal es adaptar rápidamente al prematuro a la vida extrauterina, estas tecnologías intentan prolongar temporalmente el estado fisiológico fetal para permitir una maduración orgánica más cercana a las condiciones intrauterinas normales.

El desarrollo de plataformas modernas como EXTEND y Biobag ha demostrado experimentalmente la posibilidad de mantener soporte fisiológico prolongado en modelos animales extremadamente prematuros, incluyendo preservación de la circulación fetal, estabilidad hemodinámica y desarrollo pulmonar progresivo [5,6]. Estos avances han transformado el soporte fetal extrauterino desde un concepto históricamente teórico hacia una estrategia experimental potencialmente viable para el manejo futuro de la prematuridad extrema.

Sin embargo, la eventual aplicación clínica humana de estas tecnologías continúa enfrentando importantes desafíos fisiológicos, técnicos, obstétricos y éticos. Persisten limitaciones relacionadas con miniaturización de circuitos extracorpóreos, anticoagulación, canulación umbilical, control infeccioso y seguridad neurológica prolongada, además de interrogantes bioéticos sobre viabilidad fetal, consentimiento y límites de intervención médica [7,8].

El objetivo de esta revisión narrativa es analizar y sintetizar los fundamentos fisiológicos del soporte fetal extrauterino, la evolución de los principales modelos contemporáneos, los resultados experimentales disponibles y las barreras técnicas, fisiológicas y éticas que condicionan su futura traducción clínica humana.

METODOLOGÍA

El presente trabajo corresponde a una revisión narrativa de la literatura enfocada en el desarrollo y estado actual de las tecnologías de soporte fetal extrauterino, placenta artificial y útero artificial aplicadas al manejo de la prematuridad extrema. El manuscrito fue elaborado mediante una revisión no sistemática de literatura científica contemporánea relacionada con fisiología fetal, soporte extracorpóreo fetal, bioingeniería perinatal y modelos experimentales de soporte gestacional artificial.

La búsqueda bibliográfica fue realizada utilizando bases de datos biomédicas internacionales, incluyendo PubMed, Scopus y Google Scholar, considerando los últimos 10 años. También se incluyeron estudios históricos relevantes previos a este periodo los cuales fueron fundamentales para comprender la evolución conceptual y experimental del campo de la técnica de la ectogénesis parcial.

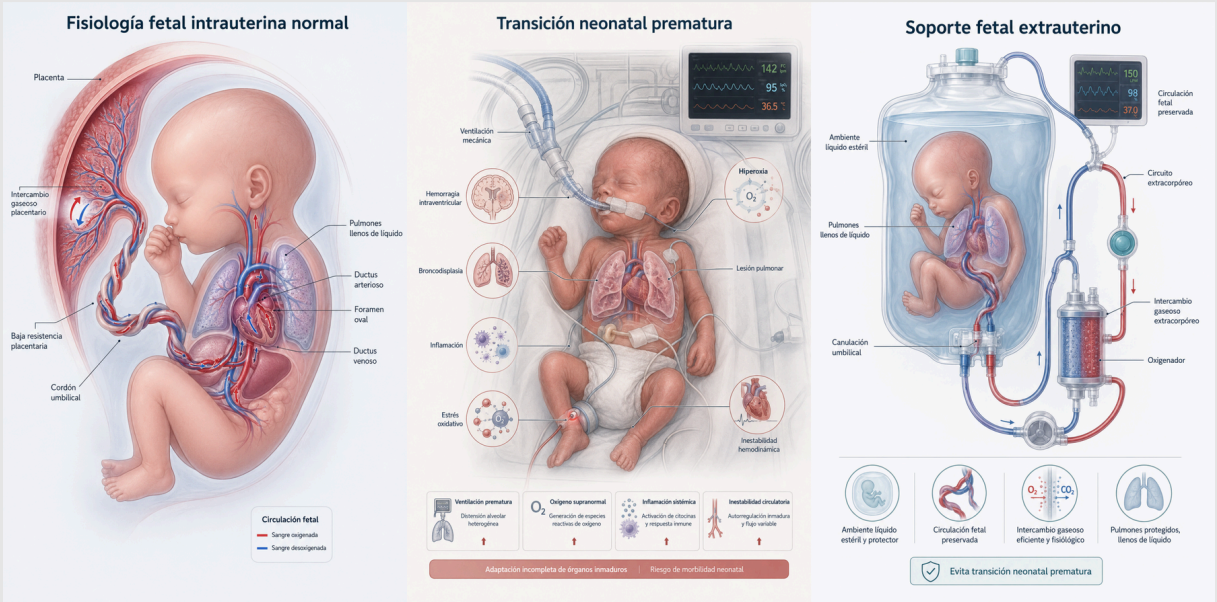


Figura 1. Fundamento fisiopatológico del soporte fetal extrauterino. Esquema comparativo entre la fisiología fetal intrauterina normal, la transición neonatal prematura en el prematuro extremo y el principio fisiológico del soporte fetal extrauterino mediante preservación de la circulación fetal y del intercambio gaseoso extracorpóreo. *Imagen de elaboración propia, generada con apoyo de herramientas de inteligencia artificial.*

Se emplearon términos de búsqueda relacionados con "*artificial uterus*", "*artificial placenta*", "*extrauterine fetal support*", "*EXTEND*", "*Biobag*", "*ectogenesis*", "*prematurity*", "*fetal physiology*", "*extracorporeal life support*" y "*fetal circulation*". Asimismo, se revisaron las referencias bibliográficas de artículos considerados relevantes con el objetivo de identificar publicaciones adicionales de interés fisiológico, histórico y traslacional.

Se incluyeron artículos originales, revisiones narrativas, estudios experimentales y publicaciones enfocadas en fisiología cardiovascular fetal, desarrollo pulmonar, neurodesarrollo y plataformas contemporáneas de soporte fetal artificial. Se priorizaron trabajos recientes y estudios considerados fundamentales dentro del desarrollo histórico del campo, particularmente aquellos relacionados con sistemas modernos de soporte fetal extrauterino y sus posibles aplicaciones clínicas futuras.

La información recopilada fue organizada de acuerdo con los principales ejes temáticos de la revisión, incluyendo: fundamentos fisiológicos del soporte fetal extrauterino, transición fetal-neonatal, evolución histórica de la placenta artificial y el útero artificial, principales modelos experimentales contemporáneos, resultados fisiológicos reportados y desafíos traslacionales para su futura aplicación clínica humana. La elaboración del manuscrito tomó como referencia las recomendaciones SANRA (*Scale for the Assessment of Narrative Review Articles*), con énfasis en claridad temática, transparencia metodológica y razonamiento crítico.

La selección e interpretación de la literatura se realizó considerando la relevancia fisiológica, experimental y traslacional de cada publicación, así como su contribución al desarrollo conceptual del campo. Debido a la naturaleza narrativa del trabajo, no se aplicó un protocolo sistemático formal, evaluación cuantitativa ni análisis estadístico; por ello, los hallazgos deben interpretarse como una síntesis narrativa crítica y no como una estimación cuantitativa del efecto de estas tecnologías.

FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DEL SOPORTE FETAL EXTRAUTERINO

El desarrollo de los sistemas de soporte fetal extrauterino se fundamenta en la necesidad de preservar artificialmente la fisiología fetal durante etapas críticas de la maduración orgánica. A diferencia de la terapia intensiva neonatal convencional, cuyo objetivo principal es adaptar rápidamente al recién nacido prematuro a la vida extrauterina, las tecnologías de placenta artificial y útero artificial buscan mantener temporalmente un estado fisiológico fetal, evitando o retrasando la transición prematura hacia la fisiología neonatal [3,7].

Durante la vida intrauterina, la placenta constituye el principal órgano de intercambio gaseoso, regulación metabólica y soporte hemodinámico fetal. La circulación fetal se caracteriza por un sistema paralelo especializado en el cual estructuras como el ductus arterioso, el foramen oval y el ductus venoso permiten redistribuir sangre oxigenada hacia órganos prioritarios mientras los pulmones permanecen funcionalmente inactivos y llenos de líquido [3,5]. En condiciones fisiológicas normales, la placenta representa además el territorio vascular de menor resistencia dentro de la circulación fetal, permitiendo mantener adecuada precarga cardíaca y un gasto cardíaco estable con mínima poscarga ventricular [9].

A diferencia de la fisiología neonatal, el intercambio gaseoso fetal ocurre exclusivamente a nivel placentario. Como consecuencia, los pulmones fetales no participan activamente en la oxigenación sanguínea y permanecen llenos de líquido durante toda la gestación. Este ambiente líquido resulta esencial para el desarrollo alveolar y vascular pulmonar normal, mientras que la resistencia vascular pulmonar elevada limita el flujo sanguíneo pulmonar y favorece el mantenimiento de los cortocircuitos fetales fisiológicos [7].

El nacimiento normal desencadena una transición fisiológica compleja caracterizada por aireación pulmonar, eliminación del líquido alveolar fetal, disminución de la resistencia vascular pulmonar y aumento progresivo del flujo sanguíneo pulmonar. Simultáneamente, el pinzamiento del cordón umbilical elimina la circulación placentaria y obliga a una reorganización cardiovascular completa, con cierre progresivo de los cortocircuitos fetales y establecimiento de la circulación neonatal independiente [3].

Sin embargo, en el prematuro extremo esta transición ocurre cuando múltiples órganos aún permanecen estructural y funcionalmente inmaduros. Particularmente, el pulmón continúa en fases canaliculares o saculares tempranas, caracterizadas por desarrollo alveolar incompleto, vascularización inmadura y producción insuficiente de surfactante [2].

La exposición precoz del pulmón inmaduro al oxígeno y a presiones positivas representa uno de los principales mecanismos de lesión inducida por la prematurez. Diversos estudios han demostrado que incluso periodos breves de ventilación pueden desencadenar inflamación alveolar, estrés oxidativo, alteraciones vasculares y detención del desarrollo pulmonar fisiológico, contribuyendo significativamente al desarrollo de broncodisplasia pulmonar y enfermedad respiratoria crónica [1,3]. En este contexto, el problema fisiopatológico no radica únicamente en la inmadurez pulmonar, sino también en la necesidad de forzar prematuramente la transición hacia una fisiología neonatal para la cual el organismo fetal aún no está preparado.

Además de la lesión pulmonar, la transición neonatal prematura altera de manera importante la fisiología cardiovascular fetal. Los cambios abruptos en presión intratorácica, resistencia vascular y flujo sanguíneo pueden modificar la perfusión cerebral y favorecer complicaciones neurológicas graves, tales como la hemorragia intraventricular (HIV) y la leucomalacia periventricular (LPV). La matriz germinal del prematuro extremo posee una vascularización particularmente frágil y susceptible a fluctuaciones hemodinámicas, incrementando el riesgo de hemorragia intraventricular y lesión de sustancia blanca cerebral [4].

La prematurez extrema también se asocia con hiperoxia relativa, inflamación sistémica, alteraciones metabólicas y exposición temprana a estímulos ambientales que exceden la madurez fisiológica del neonato. Estas condiciones contribuyen al desarrollo de enterocolitis necrosante, sepsis, encefalopatía de la prematurez y alteraciones del neurodesarrollo a largo plazo [1]. Estudios transcriptómicos recientes han demostrado además activación de múltiples vías inflamatorias y alteraciones moleculares relacionadas con metabolismo energético, función mitocondrial y desarrollo neuronal en prematuros extremadamente inmaduros [4].

En este escenario fisiopatológico surge el concepto moderno de soporte fetal extrauterino. A diferencia de la terapia neonatal convencional, cuyo objetivo es adaptar rápidamente al prematuro a la vida extrauterina, los sistemas de placenta artificial y útero artificial buscan evitar o retrasar esta transición fisiológica prematura. El principio central consiste en preservar circulación fetal funcional, mantener pulmones llenos de líquido y proporcionar intercambio gaseoso extracorpóreo mediante circuitos de baja resistencia que reproducen parcialmente las funciones de la placenta fisiológica [3,5].

Los modelos contemporáneos más avanzados, como EXTEND y Biobag, utilizan típicamente circuitos arteriovenosos pumpless impulsados por el propio corazón fetal, asociados a ambientes líquidos cerrados y estériles diseñados para recrear las condiciones intrauterinas normales [6]. Esta estrategia intenta minimizar alteraciones hemodinámicas, evitar ventilación aérea prematura y permitir que la maduración orgánica continúe en condiciones fisiológicas más cercanas al entorno fetal.

En conjunto, el soporte fetal extrauterino propone un cambio de paradigma: no adaptar precozmente un organismo inmaduro a la fisiología neonatal, sino prolongar temporalmente la fisiología fetal mientras continúa la maduración orgánica.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y MODELOS CONTEMPORÁNEOS

El desarrollo de tecnologías de soporte fetal extrauterino comenzó poco después de la aparición de los primeros sistemas de circulación extracorpórea a mediados del siglo XX. Desde sus inicios, el objetivo principal fue intentar mantener con vida a fetos extremadamente inmaduros mediante sustitución artificial de las funciones placentarias, particularmente el intercambio gaseoso y el soporte hemodinámico fetal [2,5].

Uno de los antecedentes más importantes corresponde a los experimentos realizados por Westin en 1958, quien logró canular fetos humanos previables utilizando sistemas rudimentarios de oxigenación extracorpórea con supervivencias limitadas de algunas horas [2].

Posteriormente, durante las décadas de 1960 y 1970, diversos grupos desarrollaron modelos experimentales principalmente en fetos ovinos utilizando canulación umbilical y circuitos arteriovenosos destinados a reproducir parcialmente la circulación placentaria fetal.

Sin embargo, la mayoría de estos sistemas presentaban importantes limitaciones relacionadas con trombosis, hemólisis, edema fetal, vasoespasmo umbilical e inestabilidad hemodinámica progresiva. Muchos modelos utilizaban bombas mecánicas que incrementaban significativamente la resistencia vascular extracorpórea, generando sobrecarga cardíaca fetal y disminución del flujo umbilical. Estos hallazgos permitieron comprender que el corazón fetal posee capacidad limitada para tolerar incrementos de poscarga y que cualquier sistema exitoso debía reproducir las características de baja resistencia propias de la circulación placentaria fisiológica [6].

Posteriormente, el desarrollo de corticosteroides prenatales, surfactante exógeno y ventilación neonatal avanzada desplazó parcialmente el interés hacia la terapia intensiva neonatal convencional. No obstante, conforme se reconoció que muchas de estas intervenciones continuaban asociándose a lesión pulmonar y neurológica importante, resurgió el interés por estrategias capaces de evitar la transición neonatal prematura [1,3].

El principal punto de inflexión ocurrió con el desarrollo del sistema EXTEND (*EXTrauterine Environment for Neonatal Development*) por el grupo del *Children's Hospital of Philadelphia*, descrito por Partridge y colaboradores en 2017 [5,6]. Este sistema introdujo el concepto moderno de "Biobag", un ambiente líquido cerrado y estéril diseñado para reproducir las condiciones fisiológicas intrauterinas.

EXTEND utiliza un circuito arteriovenoso *pumpless* impulsado directamente por el propio corazón fetal, asociado a un oxigenador de baja resistencia y canulación umbilical fisiológica. A diferencia de modelos previos, esta estrategia evitaba el uso de bombas mecánicas y minimizaba alteraciones hemodinámicas relacionadas con incremento de poscarga y disfunción cardiovascular fetal.

En el estudio original publicado en *Nature Communications*, Partridge y colaboradores lograron mantener corderos extremadamente prematuros durante periodos de hasta cuatro semanas con estabilidad hemodinámica, crecimiento somático progresivo y maduración pulmonar continua [6]. Además, algunos animales lograron posteriormente transición exitosa hacia ventilación convencional y supervivencia prolongada tras el retiro del sistema.

A partir de estos avances comenzaron a surgir otras plataformas contemporáneas relevantes, cuyas principales características técnicas y fisiológicas se resumen en la Tabla 1. El sistema EVE (*Ex Vivo Uterine Environment*), desarrollado en Australia y Japón, comparte múltiples principios fisiológicos con EXTEND, incluyendo circuitos arteriovenosos *pumpless* y ambientes líquidos cerrados.

La principal diferencia entre los modelos radica en el tipo de circuito y sus limitaciones, asimismo, se busca que cada una de las limitaciones esté bien definida.

Tabla 1. Comparación de los principales modelos contemporáneos de soporte fetal extrauterino.

Modelo	Tipo de circuito extracorpóreo	Uso de bomba mecánica	Especie experimental	Principales resultados	Principales limitaciones	Estado de desarrollo
Sistemas históricos (1960–1990)	Arterio-venoso extracorpóreo	Sí, en muchos modelos	Principalmente ovinos	Demostraron viabilidad inicial del soporte fetal extrauterino.	Trombosis, hemólisis, edema fetal, vasoespasmo umbilical e inestabilidad hemodinámica.	Experimental histórico
EXTEND (Biobag)	Arterio-venoso *pumpless* de baja resistencia.	No	Ovino	Soporte hasta 4 semanas, estabilidad hemodinámica, crecimiento somático, maduración pulmonar y transición posterior a ventilación convencional.	Aplicación humana aún preclínica; desafíos de miniaturización, anticoagulación y canalización umbilical.	Preclínico avanzado
EVE (*Ex Vivo Uterine Environment*)	Arterio-venoso *pumpless*	No	Ovino	Reproducción parcial de condiciones intrauterinas en modelos ovinos más cercanos al prematuro humano extremo.	Hidrops fetal, menor crecimiento somático y estabilidad prolongada limitada.	Preclínico
Modelo Toronto	Circuito extracorpóreo asistido.	Si	Porcino	Información relevante sobre miniaturización y soporte prolongado.	Mayor resistencia vascular y dificultad para preserver fisiología fetal normal.	Experimental
Modelo Michigan	Circuito extracorpóreo asistido.	Si	Porcino	Avances en accesibilidad vascular y soporte extracorpóreo fetal.	Dependencia de bomba, trombosis e inestabilidad cardiovascular.	Experimental

Comparación de las características fisiológicas y técnicas de las plataformas modernas de placenta artificial y útero artificial, incluyendo tipo de circuito extracorpóreo, uso de bomba mecánica, especie experimental, principales resultados y limitaciones reportadas.

Sin embargo, aunque permitió soporte exitoso en fetos ovinos de menor tamaño, más cercanos al peso de prematuros humanos extremos, los resultados mostraron mayores dificultades relacionadas con crecimiento somático, hidrops fetal y estabilidad prolongada del sistema [2,3]. Estas diferencias sugieren que no basta con reproducir el intercambio gaseoso fetal; la estabilidad hemodinámica y metabólica sostenida continúa siendo uno de los principales determinantes del éxito fisiológico del soporte extrauterino.

Otros modelos, como los desarrollados en Toronto y Michigan, exploraron configuraciones alternativas utilizando fetos porcinos y sistemas asistidos por bomba mecánica. Aunque estas plataformas aportaron información importante sobre miniaturización, accesibilidad vascular y soporte extracorpóreo prolongado, también evidenciaron una de las principales limitaciones del campo: cuanto más complejo y artificial se vuelve el soporte circulatorio, más difícil resulta preservar la fisiología fetal normal. Los sistemas asistidos por bomba pueden estabilizar el flujo extracorpóreo, pero incrementan resistencia vascular y alteraciones hemodinámicas que se alejan de la circulación placentaria fisiológica, favoreciendo trombosis, vasoespasmo umbilical e inestabilidad cardiovascular progresiva [2,3].

Actualmente, EXTEND continúa siendo el modelo experimental con resultados fisiológicos más consistentes, aunque su aplicación humana permanece en fase preclínica (Figura 2).

COMPONENTES Y RESULTADOS FISIOLÓGICOS

Los sistemas contemporáneos de soporte fetal extrauterino buscan preservar temporalmente la fisiología fetal mediante soporte extracorpóreo, ambiente líquido artificial y mantenimiento de condiciones semejantes al entorno intrauterino [3,7].

El componente central de estas plataformas es el circuito extracorpóreo, encargado de sustituir las funciones placentarias de oxigenación y eliminación de dióxido de carbono. Los modelos más fisiológicos, particularmente EXTEND y EVE, utilizan configuraciones arterio-venosas *pumpless* impulsadas directamente por el propio corazón fetal, evitando bombas mecánicas que históricamente se asociaron con incremento de resistencia vascular, hemólisis e inestabilidad hemodinámica fetal [2,6].

La baja resistencia del circuito es un aspecto crítico debido a que la placenta fisiológica representa normalmente el territorio vascular de menor resistencia dentro de la circulación fetal. El corazón fetal, especialmente el ventrículo derecho, posee capacidad limitada para tolerar aumentos importantes de poscarga. Como consecuencia, pequeñas variaciones de resistencia extracorpórea pueden alterar significativamente el gasto cardíaco y comprometer la perfusión cerebral y sistémica [9].

Los estudios realizados utilizando el sistema EXTEND demostraron que incrementos progresivos de resistencia disminuyen el gasto cardíaco combinado y modifican parámetros Doppler fetales; sin embargo, también evidenciaron preservación de mecanismos de redistribución hemodinámica dirigidos a mantener perfusión cerebral y coronaria, hallazgos compatibles con autorregulación cardiovascular fetal fisiológica [9]. Estos resultados sugieren que el soporte fetal extrauterino puede preservar respuestas hemodinámicas fetales auténticas y no solamente funcionar como una plataforma pasiva de oxigenación extracorpórea.

La canulación umbilical permite reproducir parcialmente la circulación placentaria mediante drenaje arterial hacia el oxigenador y reinfusión venosa fetal [5]. Sin embargo, continúa siendo una de las principales limitaciones técnicas por el riesgo de vasoespasmo, trombosis y reducción progresiva del flujo extracorpóreo, especialmente en fetos humanos

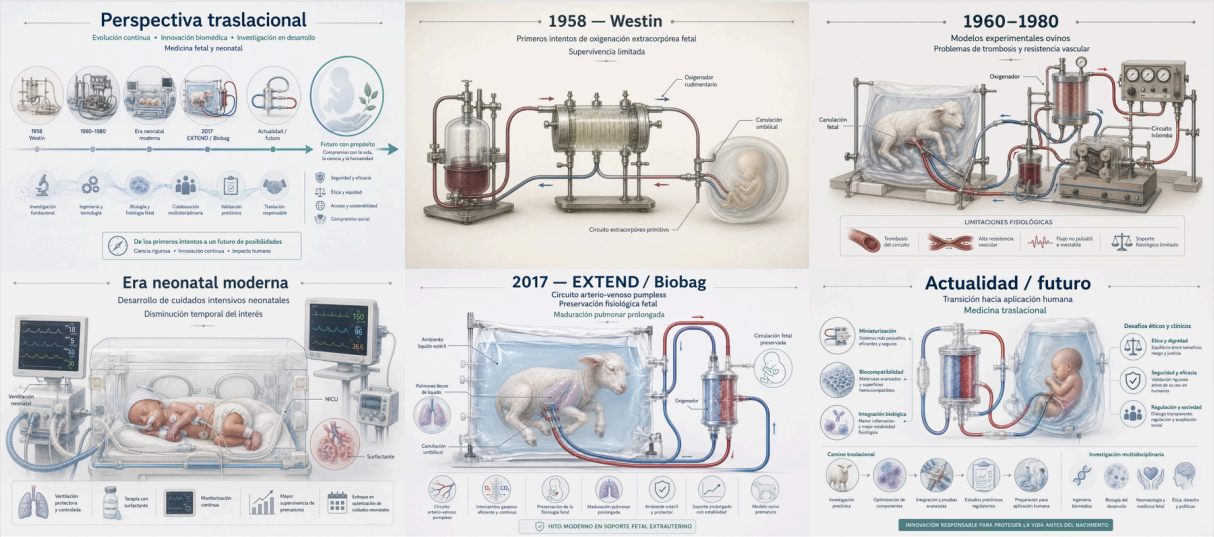


Figura 2. Evolución histórica de las tecnologías de soporte fetal extrauterino y útero artificial. Línea del tiempo que resume el desarrollo histórico de los principales modelos experimentales de placenta artificial y útero artificial, desde los primeros sistemas extracorpóreos fetales hasta las plataformas contemporáneas como EXTEND y EVE. *Imagen de elaboración propia, generada con apoyo de herramientas de inteligencia artificial.*

extremadamente pequeños. Para reducir estas complicaciones se han propuesto estrategias microquirúrgicas atraumáticas, control térmico estricto, preservación de segmentos libres de cordón y uso de vasodilatadores tópicos [3].

Otro componente característico del útero artificial moderno es el ambiente líquido artificial. El sistema "Biobag", desarrollado por el grupo de Philadelphia, introdujo el concepto de una cámara líquida cerrada y estéril donde el feto permanece completamente sumergido durante el soporte extracorpóreo [6]. La integración de estos componentes puede representarse de manera esquemática como un sistema compuesto por ambiente líquido, canulación umbilical, circuito extracorpóreo, oxigenador, filtración y monitorización fetal continua (Figura 3).

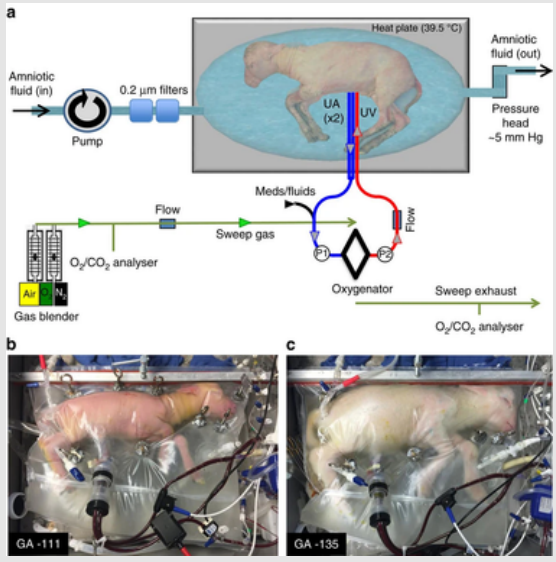


Figura 3. Componentes principales de un sistema moderno de útero artificial. (a) El sistema está compuesto por un circuito extracorpóreo arterio-venoso sin bomba, un oxigenador de baja resistencia, una cámara líquida cerrada con recambio continuo de líquido amniótico artificial y una interfaz vascular umbilical. En el esquema se observa la entrada y salida del líquido amniótico artificial, los filtros, el sistema de control térmico, el mezclador de gases, los analizadores de O2/CO2, el oxigenador y las conexiones vasculares umbilicales. (b) Las imágenes inferiores muestran un cordero fetal canulado a los 107 días de gestación durante el día 4 de soporte y (c) el mismo animal en el día 28, evidenciando crecimiento somático y maduración progresiva durante el soporte extrauterino. *Tomado de Partridge et al. (2017) [11]. Las leyendas originales en la imagen se presentan en inglés.*

El mantenimiento del ambiente líquido tiene múltiples implicaciones fisiológicas importantes. Además de reducir lesión pulmonar asociada a ventilación mecánica, favorece estabilidad térmica, desarrollo musculoesquelético y disminución de estímulos ambientales excesivos. Asimismo, ayuda a preservar condiciones hemodinámicas más cercanas a las intrauterinas [1].

Los sistemas modernos también incorporan mecanismos de filtración y control infeccioso destinados a mantener esterilidad prolongada. Algunos modelos utilizan recambio continuo de líquido amniótico artificial, filtros microbiológicos y sistemas de radiación ultravioleta para disminuir riesgo de contaminación bacteriana y sepsis fetal [10]. Este aspecto adquiere relevancia especial considerando que muchas causas de prematuridad extrema se asocian a infección intrauterina.

Uno de los principales objetivos fisiológicos del soporte fetal extrauterino es preservar el desarrollo pulmonar evitando la transición neonatal prematura. A edades gestacionales menores de 24 semanas, el pulmón permanece en fases canaliculares y saculares tempranas, caracterizadas por desarrollo alveolar incompleto, vascularización inmadura y producción insuficiente de surfactante [2]. La exposición precoz a ventilación aérea puede inducir inflamación alveolar, barotrauma y detención del desarrollo pulmonar fisiológico.

Diversos estudios experimentales demostraron resultados pulmonares favorables utilizando sistemas de útero artificial. En el modelo EXTEND, los pulmones mostraron progresión histológica normal hacia etapas saculares más avanzadas, con arquitectura alveolar comparable a controles intrauterinos de edad gestacional equivalente [5,6]. Además, algunos animales lograron posteriormente transición exitosa hacia ventilación convencional, sugiriendo desarrollo pulmonar suficiente para adaptación neonatal posterior.

Otros trabajos mostraron menor inflamación pulmonar y reducción de lesión tisular comparados con prematuros sometidos tempranamente a ventilación mecánica convencional [1]. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que parte importante del daño pulmonar asociado a la prematurez extrema deriva de la exposición precoz a ventilación aérea más que únicamente de la inmadurez estructural pulmonar.

El neurodesarrollo constituye otro de los aspectos más relevantes evaluados en los modelos contemporáneos. La prematurez extrema se asocia frecuentemente con hemorragia intraventricular, lesión de sustancia blanca y alteraciones neurocognitivas secundarias a inflamación sistémica, hiperoxia e inestabilidad hemodinámica [4]. Debido a ello, uno de los potenciales beneficios del útero artificial es proporcionar un entorno hemodinámico y metabólico más cercano al intrauterino.

Los estudios histológicos iniciales utilizando EXTEND mostraron cerebros macroscópicamente normales, sin evidencia importante de hemorragia o infartos cerebrales [6]. Posteriormente, Cohen *et al.* realizaron análisis transcriptómicos comparativos entre cerebros de prematuros controles, fetos intrauterinos normales y animales mantenidos en EXTEND. Los autores encontraron que los perfiles moleculares cerebrales de los animales sometidos a soporte fetal extrauterino eran considerablemente más similares a controles fetales fisiológicos que a prematuros convencionales [4].

Particularmente, observaron menor activación de vías inflamatorias mediadas por TNF, IL-1 y TGF-β, así como mejor preservación de mecanismos relacionados con metabolismo energético y función mitocondrial neuronal. Estos hallazgos sugieren que el soporte fetal extrauterino podría disminuir algunos mecanismos moleculares implicados en la encefalopatía de la prematurez.

En conjunto, la evidencia experimental sugiere que estos sistemas pueden preservar parcialmente la estabilidad hemodinámica, la circulación umbilical, el desarrollo pulmonar y algunos mecanismos relacionados con la neuroprotección. Los principales resultados fisiológicos reportados en los modelos contemporáneos se resumen en la Tabla 2. Sin embargo, la miniaturización, anticoagulación y biocompatibilidad continúan limitando su traducción clínica.

DESAFÍOS TRASLACIONALES Y ÉTICA

A pesar de los avances experimentales alcanzados durante los últimos años, la aplicación clínica humana del útero artificial continúa enfrentando importantes limitaciones técnicas, fisiológicas y bioéticas. Aunque plataformas como EXTEND han demostrado preservación parcial de la fisiología fetal y desarrollo orgánico progresivo en modelos animales, todavía no existe evidencia suficiente para establecer seguridad y eficacia en prematuros humanos extremos [2,3].

Uno de los principales desafíos traslacionales es la anticoagulación. Debido al contacto sanguíneo prolongado con superficies extracorpóreas, la mayoría de los sistemas actuales requieren heparinización sistémica para evitar trombosis del circuito. Sin embargo, los prematuros extremos poseen alta susceptibilidad a hemorragia intraventricular y otras complicaciones hemorrágicas, lo que convierte a la anticoagulación en una de las principales barreras para la futura aplicación clínica humana [3]. Como consecuencia, diversos grupos trabajan actualmente en superficies biocompatibles y circuitos menos trombogénicos que permitan disminuir o incluso eliminar la necesidad de anticoagulación sistémica prolongada.

La miniaturización del circuito extracorpóreo representa otro reto importante. Muchos modelos experimentales exitosos fueron desarrollados en fetos ovinos considerablemente mayores que los prematuros humanos más extremos. La reducción del tamaño de cánulas, oxigenadores y circuitos implica dificultades complejas relacionadas con resistencia vascular, estabilidad hemodinámica y mantenimiento de flujo adecuado impulsado únicamente por el corazón fetal [2].

Asimismo, la transferencia obstétrica hacia el sistema de soporte fetal extrauterino constituye una de las fases fisiológicamente más críticas del proceso. El objetivo es evitar que el feto inicie prematuramente la transición neonatal antes de establecer circulación extracorpórea funcional. Para ello, los modelos experimentales más exitosos han utilizado cesáreas controladas y procedimientos tipo EXIT modificados, preservando temporalmente la circulación placentaria durante la canulación umbilical [7]. No obstante, todavía no existen protocolos obstétricos humanos estandarizados para este procedimiento.

Desde el punto de vista bioético, el útero artificial genera interrogantes complejas relacionadas con viabilidad fetal, consentimiento informado y límites de intervención médica. Estas tecnologías modifican parcialmente las fronteras tradicionales entre fisiología fetal y neonatal, planteando debates sobre definición de nacimiento, autonomía reproductiva y selección de candidatos [8]. La mayoría de los autores coinciden en que las primeras aplicaciones clínicas deberían enfocarse en mejorar pronóstico funcional de prematuros situados dentro del límite actual de viabilidad neonatal, más que expandir indefinidamente la viabilidad humana.

Tabla 2. Principales resultados fisiológicos reportados en modelos experimentales de soporte fetal extrauterino.

Área fisiológica	Hallazgos observados	Limitaciones traslacionales
Cardiovascular	Preservación de la circulación fetal y umbilical, con estabilidad hemodinámica y autorregulación parcial.	Sensibilidad a la resistencia del circuito, con riesgo de sobrecarga cardíaca, trombosis y vasoespasmo umbilical.
Pulmonar	Pulmones llenos de líquido, maduración pulmonar progresiva y menor lesión asociada a ventilación mecánica.	Ausencia de evidencia clínica humana e incertidumbre sobre su reproducibilidad en prematuros extremos humanos.
Neurológica	Menor exposición a fluctuaciones hemodinámicas, inflamación sistémica e hiperoxia. Preservación parcial de mecanismos relacionados con neuroprotección.	Ausencia de evidencia clínica humana e incertidumbre sobre su reproducibilidad en prematuros extremos humanos.
Metabólica e inflamatoria	Menor activación de vías inflamatorias y mejor conservación del metabolismo energético celular.	Hallazgos limitados a modelos preclínicos y análisis moleculares experimentales.
Desarrollo global	Crecimiento somático progresivo y mantenimiento de condiciones fisiológicas semejantes al ambiente intrauterino.	Persisten desafíos de miniaturización, anticoagulación, duración óptima del soporte y aplicación clínica humana.

Resumen de los hallazgos cardiovasculares, pulmonares y neurológicos observados en modelos animales sometidos a soporte fetal extrauterino, así como sus principales limitaciones traslacionales.

DISCUSIÓN

El desarrollo del útero artificial representa un cambio conceptual importante en el manejo de la prematuridad extrema, ya que desplaza el enfoque terapéutico desde el soporte de órganos inmaduros hacia la preservación temporal de la fisiología fetal.

A diferencia de la terapia intensiva neonatal convencional, cuyo objetivo es sostener la vida después de una transición neonatal ya establecida, el soporte fetal extrauterino intenta evitar que dicha transición ocurra de manera prematura. Esta diferencia no es únicamente técnica, sino fisiopatológica: el problema principal del prematuro extremo no radica solo en la falla orgánica secundaria a la inmadurez, sino en la necesidad de forzar prematuramente la adaptación de un organismo fetal a condiciones neonatales para las cuales aún no se encuentra biológicamente preparado. Desde esta perspectiva, el útero artificial no busca simplemente reemplazar funciones pulmonares o cardiovasculares, sino modificar el momento fisiológico en que ocurre la transición hacia la vida neonatal.

La evidencia experimental disponible sugiere que preservar la fisiología fetal puede disminuir algunos de los mecanismos centrales de lesión asociados a la prematurez extrema. Mantener pulmones llenos de líquido, conservar la circulación umbilical y evitar la ventilación aérea temprana permite reducir la exposición del pulmón inmaduro a presiones positivas, hiperoxia relativa e inflamación mecánica. Esto explica por qué los resultados más prometedores se han observado en desarrollo pulmonar, estabilidad hemodinámica y preservación parcial del neurodesarrollo [4,5].

Sin embargo, el entusiasmo debe interpretarse con cautela. La mayor parte de la evidencia proviene de modelos animales, principalmente ovinos, cuya fisiología no reproduce completamente la condición humana. Esta limitación es particularmente relevante en el sistema nervioso central, ya que el cerebro del prematuro humano tiene vulnerabilidades específicas, como la fragilidad de la matriz germinal y el riesgo elevado de hemorragia intraventricular. Por ello, aunque los hallazgos transcriptómicos y estructurales son prometedores, todavía no permiten afirmar que el útero artificial será neuroprotector en humanos.

Otro punto crítico es que el éxito del sistema depende de un equilibrio fisiológico estrecho: el circuito debe realizar intercambio gaseoso suficiente sin aumentar la resistencia al punto de sobrecargar el corazón fetal. Esta tensión explica por qué la miniaturización, la resistencia vascular y la canulación umbilical siguen siendo barreras centrales. Además, incluso si la estabilidad fisiológica se logra de forma segura, persisten incertidumbres sobre duración óptima del soporte, selección de candidatos e impacto real sobre el neurodesarrollo a largo plazo.

La comparación entre sistemas muestra que todavía no existe un modelo ideal. EXTEND ha demostrado los resultados más consistentes por su aproximación fisiológica mediante circuito arteriovenoso *pumpless* y ambiente líquido cerrado, pero otros modelos como EVE, Michigan y Toronto muestran que algunas soluciones técnicas pueden mejorar ciertos aspectos mientras sacrifican otros. Los sistemas con bomba pueden estabilizar el flujo, pero se alejan más de la fisiología fetal; los sistemas *pumpless* son más fisiológicos, pero dependen de forma crítica de la función cardíaca fetal y de una resistencia extracorpórea mínima.

La diferencia entre la ventilación mecánica convencional y el soporte líquido del sistema “Biobag” no radica únicamente en el uso de una tecnología más avanzada, sino en una transformación profunda del enfoque fisiológico hacia el prematuro extremo. Mientras la ventilación mecánica intenta suplir artificialmente la función respiratoria mediante la entrada de aire a pulmones estructural y funcionalmente inmaduros, exponiéndolos a presión, oxígeno y riesgo de lesión pulmonar, el sistema Biobag evita forzar una transición respiratoria prematura y mantiene al feto en un ambiente líquido semejante al intrauterino. En este modelo, el intercambio gaseoso no depende de los pulmones, sino de una circulación extracorpórea conectada al cordón umbilical, lo que permite conservar la fisiología fetal y favorecer la maduración progresiva de los órganos. Por ello, el útero artificial no debe entenderse sólo como una mejora técnica frente a la ventilación mecánica, sino como un cambio de paradigma: en lugar de adaptar al feto inmaduro a las condiciones del mundo extrauterino, busca preservar temporalmente las condiciones biológicas del útero para permitir un desarrollo más natural y fisiológico.

Desde una perspectiva traslacional, el principal desafío será definir si esta tecnología debe buscar aumentar la supervivencia o mejorar la supervivencia sin discapacidad severa. Esta distinción es clínicamente relevante. Si el útero artificial sólo desplaza el límite de viabilidad sin mejorar resultados funcionales, podría reproducir algunos de los dilemas ya existentes en neonatología extrema. En cambio, si logra reducir lesión pulmonar y neurológica, su valor clínico sería mucho mayor: no solo permitiría vivir más, sino vivir con menor carga de secuelas.

La aplicación clínica también obligará a rediseñar la relación entre obstetricia y neonatología. La transferencia fetal hacia el sistema artificial probablemente será uno de los momentos más complejos, ya que cualquier exposición temprana al aire, pérdida de flujo umbilical o inestabilidad térmica podría desencadenar la transición neonatal que justamente se intenta evitar [7]. Por ello, la implementación futura requerirá equipos altamente especializados, protocolos de rescate neonatal y criterios estrictos de selección de candidatos.

Finalmente, el útero artificial plantea interrogantes que van más allá de lo técnico. La extrapolación clínica de los modelos ovinos continúa siendo incierta por diferencias relevantes en desarrollo cerebral, cardiovascular y placentario, además de tamaños muestrales pequeños, seguimiento limitado y heterogeneidad metodológica. Tampoco existen criterios definidos sobre selección de candidatos, duración óptima del soporte, estrategias de rescate neonatal ni parámetros de seguridad neurológica a

largo plazo. Por ello, esta tecnología debe entenderse como una plataforma experimental prometedora, pero aún distante de la práctica clínica rutinaria. Su verdadero impacto dependerá de si logra mejorar la supervivencia funcional, no solo prolongar artificialmente la viabilidad.

CONCLUSIONES

El soporte fetal extrauterino y las tecnologías de útero artificial representan una de las áreas más innovadoras de la medicina fetal y neonatal contemporánea. Su desarrollo ha permitido avanzar desde modelos rudimentarios de oxigenación extracorpórea a plataformas fisiológicas capaces de preservar parcialmente la circulación fetal, mantener pulmones llenos de líquido y favorecer la maduración orgánica fuera del útero.

La evidencia experimental demuestra que sistemas como EXTEND pueden mantener estabilidad hemodinámica, maduración pulmonar continua y perfiles de neurodesarrollo relativamente cercanos a la fisiología fetal normal en modelos animales extremadamente prematuros. Estos hallazgos sugieren que una parte importante de la lesión asociada a la prematuridad extrema podría relacionarse no solo con la inmadurez orgánica, sino también con la transición neonatal prematura y la exposición temprana a ventilación aérea.

No obstante, la aplicación clínica humana sigue limitada por desafíos relacionados con anticoagulación, miniaturización, canulación umbilical, control infeccioso, seguridad neurológica y regulación ética. En conjunto, el útero artificial continúa siendo una tecnología preclínica prometedora; su valor futuro dependerá de si logra mejorar la supervivencia funcional y reducir las secuelas a largo plazo en prematuros extremos.

Financiamiento

No se recibió financiamiento externo, patrocinio comercial ni apoyo de empresas relacionadas con el desarrollo de tecnologías de útero artificial, placenta artificial, soporte extracorpóreo fetal o dispositivos biomédicos vinculados con el tema de esta revisión.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés financieros, académicos, institucionales o personales que pudieran influir en la elaboración, interpretación o presentación del presente manuscrito.

Consideraciones éticas

El presente trabajo corresponde a una revisión narrativa de la literatura, por lo que no involucró la participación directa de seres humanos, la recolección de datos clínicos identificables, la intervención sobre pacientes ni la realización de procedimientos experimentales en animales. Por esta razón, no requirió aprobación por un comité de ética en investigación ni consentimiento informado. La información analizada proviene exclusivamente de artículos científicos, revisiones y estudios experimentales previamente publicados. No obstante, debido a que el tema del útero artificial implica debates bioéticos relevantes sobre viabilidad fetal, consentimiento informado, límites de intervención médica, selección de candidatos y futura aplicación clínica humana, estos aspectos fueron abordados de manera crítica dentro del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Huang Z, Xiao T, Zhou W. Artificial womb: a paradigm shift for saving extremely premature infants. Chin Med J (Engl). 2023;136(14):1759–1761. doi:10.1097/CM9.0000000000002745.
2. De Bie FR, Binion CC, Antiel RM. Artificial womb technology – A more physiologic solution to treating extreme prematurity. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol X. 2025;25:100359. doi:10.1016/j.eurox.2024.100359.
3. Shah NR, Mychaliska GB. The new frontier in ECLS: Artificial placenta and artificial womb for premature infants. Semin Pediatr Surg. 2023;32:151336. doi:10.1016/j.sempedsurg.2023.151336.
4. Cohen JL, De Bie F, Viaene AN, O'Grady N, Rentas S, Coons B, et al. Extrauterine support of pre-term lambs achieves similar transcriptomic profiling to late pre-term lamb brains. Sci Rep. 2024. doi:10.1038/s41598-024-79095-7.
5. Partridge EA, Davey MG, Hornick MA, Flake AW. An EXTrauterine environment for neonatal development: EXTENDING fetal physiology beyond the womb. Semin Fetal Neonatal Med. 2017;22:404–409. doi:10.1016/j.siny.2017.04.006.
6. Partridge EA, Davey MG, Hornick MA, et al. An extra-uterine system to physiologically support the extreme premature lamb. Nat Commun. 2017;8:15112. doi:10.1038/ncomms15112.
7. van Haren JS, Delbressine FLM, Schoberer M, te Pas AB, van Laar JOEH, Oei SG, et al. Transferring an extremely premature infant to an extra-uterine life support system: a prospective view on the obstetric procedure. Front Pediatr. 2024;12:1360111. doi:10.3389/fped.2024.1360111.
8. Naser M, Nasr MM, Shehata LH. Artificial womb and placenta: A new era in maternal care: Review. Int J Prog Sci Technol. 2025;51(2):212–230.
9. Cao H, Davey MG, Young K, Tian Z, Kosaka S, Varela MF, et al. Experimental impact of increasing circuit resistance in the artificial womb. Prenat Diagn. 2025;45:795–804. doi:10.1002/pd.6802.
10. Heyer J, Schubert F, Seitz AL, Steinle Y, Arens J, Orlikowsky T, et al. A volume-adjustable artificial womb for extremely preterm infants. Transpl Int. 2024;37:12947. doi:10.3389/ti.2024.12947.
11. Partridge, E. A., Davey, M. G., Hornick, M. A., McGovern, P. E., Mejaddam, A. Y., Vrecenak, J. D., Mesas-Burgos, C., Olive, A., Caskey, R. C., Weiland, T. R., Han, J., Schupper, A. J., Connelly, J. T., Dysart, K. C., Rychik, J., Hedrick, H. L., Peranteau, W. H., & Flake, A. W. (2017). Figure 1: UA/UV Biobag system design [Figura]. En An extra-uterine system to physiologically support the extreme premature lamb. Nature Communications, 8, Artículo 15112. https://www.nature.com/articles/ncomms15112/figures/1

Esta página se ha dejado en blanco intencionadamente

REVISTA DEL MÉDICO EN FORMACIÓN

Vol. 4, No. 2

www.revmedform.com

Julio 2026