



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**EFICACIA DE LOS GEMELOS DIGITALES EN EL
SEGUIMIENTO Y PREVENCIÓN DE COMPLICACIONES
EN EL EMBARAZO FRENTE A LOS MODELOS
TRADICIONALES DE CONSULTAS SUBSECUENTES:
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE MÉDICO**

AUTORAS:

MARÍA JOSÉ GARCÍA COOFRE

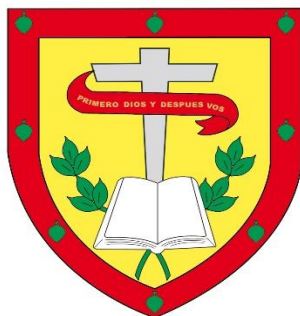
STEFANY KARELIS MERECI PINZA

DIRECTOR: DR. FREDDY ROSENDO CÁRDENAS HEREDIA

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**EFICACIA DE LOS GEMELOS DIGITALES EN EL
SEGUIMIENTO Y PREVENCIÓN DE COMPLICACIONES
EN EL EMBARAZO FRENTE A LOS MODELOS
TRADICIONALES DE CONSULTAS SUBSECUENTES:
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÉDICO**

AUTORAS:

MARÍA JOSÉ GARCÍA COOFRE

STEFANY KARELIS MERECI PINZA

DIRECTOR: DR. FREDDY ROSENDO CÁRDENAS HEREDIA

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

MARÍA JOSÉ GARCÍA COOFRE portador de la cédula de ciudadanía No.0751024605 y **STEFANY KARELIS MERECI PINZA** portador de la cédula de ciudadanía No. 0706069358. Declaramos ser los autores de la obra: **“Eficacia de los gemelos digitales en el seguimiento y prevención de complicaciones en el embarazo frente a los modelos tradicionales de consultas subsecuentes: revisión sistemática”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 16 de julio de 2025.

F: _____

María José García Coofre.

C.I. 0751024605

F: _____

Stefany Karelis Mereci Pinza

C.I. 0706069358

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR

Certifico que el presente trabajo denominado **“Eficacia de los gemelos digitales en el seguimiento y prevención de complicaciones en el embarazo frente a los modelos tradicionales de consultas subsecuentes: revisión sistemática”** realizado por **MARÍA JOSÉ GARCÍA COOFRE** con documento de identidad **No. 0751024605**, y por **STEFANY KARELIS MERECI PINZA** con documento de identidad **No. 0706069358** previo a la obtención del título profesional de Médico, ha sido asesorado, supervisado y desarrollado bajo mi tutoría en todo su proceso, cumpliendo con la reglamentación pertinente que exige la Universidad Católica de Cuenca y los requisitos que determina la investigación científica.

Cuenca, 16 de julio de 2025.

F: _____

Dr. Freddy Rosendo Cárdenas Heredia

DIRECTOR / TUTOR

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme continuar en este camino de servicio y guiarme en cada paso que doy.

A mis padres, María Lorena Coofre Pinzón y José Félix García Dávila por su amor incondicional, su esfuerzo, por motivarme día a día a superarme a nivel personal, profesional y sobre todo por creer en mí.

A mi hija Victoria Juliet Largo García, por ser mi motor constante para continuar y por llenarme de alegría en mis días grises.

A mi abuelita María Eudosia Pinzón, por su fe en mí y enseñarme a nunca rendirme.

A mi hermana, por su apoyo y palabras de aliento ante cualquier adversidad.

A mis sobrinos, por sacarme sonrisas con sus ocurrencias en mis momentos difíciles.

A mí, por no rendirme y creer siempre en que todo lo que me proponga lo voy a lograr.

Atentamente,

María José García Coofre.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haber sido mi guía, mi fuerza y mi refugio en cada momento de este proceso.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y su ejemplo de constancia y entrega, que me inspiran cada día.

A mi querida abuelita, no está físicamente, pero vive en cada uno de mis recuerdos. Sé que, desde donde esté, sigue acompañando mis pasos con ese amor inmenso que siempre me brindó.

A mis hermanos, por su compañía, comprensión y apoyo incondicional, que me dieron ánimo incluso cuando dudaba de mí. Gracias por ser el sostén que me impulsó a no rendirme.

A mis sobrinos, Adrián, Dariel y Matías, por ser mi motivación. Ustedes son mi rayito de sol en mis días fríos, mi alegría constante y el recordatorio de que quiero ser un buen ejemplo para ustedes.

Atentamente,

Stefany Karelis Merecí Pinza

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría durante mi trayectoria como estudiante.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su apoyo ante cualquier adversidad, por ser mi sostén económico y emocional.

A mi compañera de tesis Stefani Mereci, por ser mi mejor amiga, por acompañarme en las buenas y las malas, por escucharme y darme sus mejores consejos.

A mi director de tesis Freddy Rosendo Cárdenas Heredia, por su guía, paciencia, y compromiso para el desarrollo del proyecto.

A mi asesor Juan Fernando Coronel Daquilema, por brindarme las herramientas necesarias para un mejor desarrollo del trabajo y sobre todo su paciencia.

Atentamente,

María José García Coofre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado en cada paso, por darme la sabiduría, el entendimiento y la fortaleza necesaria para superar los desafíos y alcanzar esta meta.

Con profunda gratitud y amor, a mis padres Homero Mereci y Ángela Pinza. Ustedes han sido mi mayor inspiración en cada etapa de esta carrera. Gracias por su amor incondicional, por su sacrificio, por ser mi base y el reflejo de los valores con los que crecí. Por enseñarme a no rendirme, a trabajar con dedicación y a mantener siempre la humildad.

A mis hermanos, por ser mi red de apoyo constante y por acompañarme, en este camino. Karina, por tu apoyo y por recordarme siempre lo orgullosa que estas de mí. Marcela, por nunca dudar de mí y estar presente en cada etapa de mi vida. Tu apoyo ha sido una fortaleza para mí. Darío, por tu ayuda oportuna cuando más lo necesité. Lety, por siempre estar ahí para mí.

Agradezco profundamente a los profesores que formaron parte de mi formación, en especial a mi asesor Juan Fernando Coronel Daquilema y director de tesis Freddy Rosendo Cárdenas Heredia, por su guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este proyecto.

Gracias a mis amigos, quienes hicieron este trayecto más liviano. A quienes estuvieron desde el inicio y a los que la vida me regaló en el camino. En especial, a María José, quien desde el primer día demostró ser una amiga incondicional. Gracias por tu compañía y por ayudarme a continuar incluso cuando el cansancio pesaba más que las ganas.

Finalmente, a mí. Por no rendirme, por seguir adelante incluso cuando sentías que no podía más. Por tener esa fuerza, valentía y dedicación en siempre cumplir con lo que te propones.

Atentamente,

Stefany Karelis Mereci Pinza

RESUMEN

Introducción: un gemelo digital es una copia virtual de un objeto, proceso o servicio real. Se basa en datos y algoritmos avanzados, con características que van más allá de las simulaciones tradicionales.

Objetivos: evaluar la eficacia del uso de gemelos digitales en el seguimiento y prevención de complicaciones durante el embarazo en comparación con los modelos tradicionales de consultas subsecuentes.

Metodología: se incluyeron estudios publicados en los últimos 5 años, en español o inglés, con acceso libre, realizados en humanos mayores de 18 años, y que fueran ensayos clínicos, estudios observacionales, multicéntricos o comparativos. Se excluyeron reportes de casos, revisiones sistemáticas y bibliografía gris. Las búsquedas se realizaron en PubMed y Scopus entre el 1 de noviembre de 2024 y el 30 de abril de 2025. Se utilizó RoB 2, ROBINS-I, y herramientas JBI para estudios transversales y narrativos. Se empleó análisis temático y tablas comparativas para sintetizar hallazgos clínicos, tecnológicos y preventivos.

Resultados: se incluyeron 22 estudios entre los que se pueden destacar ensayos clínicos, estudios observacionales y transversales de diferentes países. Ciertos estudios mostraron superioridad sobre modelos tradicionales, especialmente en salud mental, control hipertensivo y reducción de visitas innecesarias.

Discusión: las limitaciones incluyen heterogeneidad metodológica y sesgo potencial en estudios no aleatorizados. Sin embargo, las tecnologías digitales son herramientas prometedoras en embarazos de alto riesgo o contextos con acceso limitado.

Conclusiones: los gemelos digitales complementan y, en algunos casos superan a los modelos tradicionales en seguimiento prenatal.

Palabras clave: Atención Prenatal, Gemelo Digital, Mujeres Embarazadas, Prevención de Complicaciones, Tecnología Médica.

ABSTRACT

Introduction: A digital twin is a virtual replica of a real-world object, process, or service. It is based on advanced data and algorithms, with features that surpass traditional simulations.

Objectives: To evaluate the effectiveness of using digital twins in monitoring and preventing complications during pregnancy compared to traditional models of follow-up consultations.

Methodology: Studies published within the last 5 years, in either Spanish or English, with open access, conducted on humans over 18 years of age, and that were clinical trials, observational, multicenter, or comparative studies were included. Case reports, systematic reviews, and gray literature were excluded. Searches were conducted in PubMed and Scopus between November 1, 2024, and April 30, 2025. RoB 2, ROBINS-I, and JBI tools were used for cross-sectional and narrative studies. A thematic analysis and comparative tables were used to synthesize clinical, technological, and preventive findings.

Results: Twenty-two studies were included, among which clinical trials, observational, and cross-sectional studies from different countries can be highlighted. Certain studies showed superiority over traditional models, particularly in mental health, hypertense control, and reduction of unnecessary visits.

Discussion: Limitations include methodological heterogeneity and potential bias in non-randomized studies. However, digital technologies are promising tools in high-risk pregnancies or contexts with limited access.

Conclusions: Digital twins complement and, in some cases, exceed traditional models in prenatal monitoring.

Keywords: Prenatal Care, Digital Twin, Pregnant Women, Complication Prevention, Medical Technology.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	13
OBJETIVOS	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
METODOLOGÍA.....	17
Criterios de elegibilidad.....	17
Fuentes de información	18
Estrategia de búsqueda	18
Proceso de selección de los estudios	19
Lista de datos.....	19
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales.....	19
RESULTADOS	24
Selección de estudios.....	24
Características de los estudios	25
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	31
Resultado de los estudios individuales	34
DISCUSIÓN	41
CONCLUSIONES.....	44

CONFLICTO DE INTERESES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	52
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL .	53

INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología ha transformado todas las industrias y, por supuesto, la medicina no es una excepción a su impacto de amplio alcance. En las prácticas médicas y sanitarias actuales, los dispositivos y servicios digitales desempeñan un papel importante a la hora de ayudar tanto a los proveedores como a los pacientes, desde la recopilación de datos hasta las comunicaciones, junto con el apoyo a las decisiones en el manejo de enfermedades (1).

En la investigación médica que se centra en mejorar el diagnóstico, la eficacia de los medicamentos y la administración de tratamientos, tareas importantes, como el análisis y el modelado de datos, también están impulsadas por la tecnología. La tecnología emergente de gemelos digitales, que ha sido empleada predominantemente por empresas industriales y de ingeniería, se promociona como un enfoque interesante y prometedor que puede impulsar aún más los esfuerzos en los descubrimientos médicos y mejorar los resultados de salud pública (2).

Un gemelo digital se trata de una copia virtual de un objeto específico, teniendo la posibilidad de que se traduzca a un proceso real. Se basa en la utilización de datos, más allá de las simulaciones tradicionales. Existe la posibilidad de conectar el ambiente físico y digital en tiempo real, con la utilización de tecnología basada en sensores, análisis de datos e inteligencia artificial(1). El objetivo de los gemelos digitales es anticiparse a fallas, mejorar el rendimiento y encontrar nuevas oportunidades de mejora (3).

A diferencia de los productos y procesos en ingeniería y fabricación, que son más fáciles de representar digitalmente, el cuerpo humano es mucho más complejo. Debido a los avances en la ciencia y en las tecnologías de simulación, ahora es posible crear gemelos digitales que replican distintos aspectos del cuerpo, como sus sistemas biofísicos o

estructuras proteicas. Esto permite evaluar con mayor precisión aspectos de la investigación, como las interacciones medicamentosas, la efectividad de los tratamientos y la seguridad de los procedimientos. Además, al integrar los registros médicos electrónicos de los pacientes y los datos generados por estos, la tecnología de gemelos digitales puede impulsar la investigación en medicina personalizada (4).

Según las estadísticas de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) (5) en 2013, los porcentajes de pacientes cuyos medicamentos fueron ineficaces oscilaban entre el 38 % y el 75 % para una serie de afecciones, desde la depresión hasta el cáncer. Esto se debe a las variabilidades entre los pacientes que reciben medicamentos iguales o similares. La medicina personalizada es un enfoque creciente en la atención médica que tiene como objetivo abordar este mismo problema proporcionando tratamientos para enfermedades e intervenciones preventivas adaptadas a las variables, por ejemplo, composición genética, estilo de vida y factores ambientales, que hacen que cada paciente sea único (6).

En relación a las diferentes situaciones problemáticas durante el embarazo, a nivel mundial, se estima que en 2019 se produjeron 295 000 muertes maternas. El 99 % de dichos eventos tuvieron lugar en naciones en vías de desarrollo, y únicamente la zona del África subsahariana concentra el 66 %. La muerte materna resulta más elevada en pacientes que no acceden a cuidados profesionales previos, durante ni posteriores al alumbramiento (7). Las gestaciones de alto riesgo presentan mayores desafíos en su manejo, y la evidencia indica un incremento en la incidencia de complicaciones obstétricas. Por ejemplo, la prevalencia de diabetes gestacional se elevó del 6 % de los embarazos únicos en 2016 al 8 % en 2021. De igual manera, la proporción de casos de

hipertensión durante la gestación ha mostrado un aumento sostenido, pasando del 13 % en 2017 al 16 % en 2019 (8).

Lo que evidencia que, en esta región, las complicaciones se intensifican como consecuencia de las elevadas tasas de embarazos no monitoreados (9). En Ecuador, la mortalidad materna alcanza una tasa de 69,7 por cada 100.000 nacidos vivos, lo que pone en evidencia la deficiente supervisión y control durante el proceso gestacional (10). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (11), desde el año 2020 cerca de 800 mujeres fallecen cada día a causa de complicaciones vinculadas al embarazo y al parto. La reducción de la mortalidad materna ha sido poco satisfactoria, con 223 muertes por cada 100 000 (12). Las consultas subsecuentes ofrecen una evaluación clínica directa brindando a los pacientes una interacción humana esencial para el manejo emocional y social del embarazo. Un gemelo digital es un modelo virtual que permite monitorear, simular y probar hipótesis en tiempo real (13).

En la atención en salud, permiten encontrar nuevos objetivos terapéuticos. Generados a partir de datos biométricos en dispositivos portátiles o fijos, es posible predecir complicaciones. Además, es posible realizar un seguimiento personalizado de mujeres embarazadas en tiempo real (14). Por ejemplo, los modelos de elementos del útero en imágenes tridimensionales, pueden estimar la deformación del cuello uterino (15).

Por lo tanto, el objetivo es examinar la eficacia de los gemelos digitales en el monitoreo y la prevención de complicaciones durante el embarazo, en comparación con los modelos convencionales de consultas subsecuentes. Para alcanzar este propósito, se propone evaluar su precisión diagnóstica y analizar su costo-efectividad, con el fin de generar evidencia sólida que respalde la incorporación de esta tecnología como apoyo en la práctica obstétrica contemporánea.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la eficacia de los gemelos digitales en el seguimiento y prevención de complicaciones en el embarazo frente a los modelos tradicionales de consultas subsecuentes.

Objetivos Específicos

1. Analizar la precisión diagnóstica de las complicaciones de los gemelos digitales y las visitas subsecuentes en el embarazo.
2. Medir el costo-efectividad del uso de gemelos digitales y consultas subsecuentes en el seguimiento de embarazos de alto riesgo.
3. Determinar la eficacia de los gemelos digitales en comparación con las visitas subsecuentes en la prevención de complicaciones durante el embarazo.

METODOLOGÍA

Se trata de un diseño basado en la revisión documental. La presente revisión sistemática fue elaborada siguiendo la declaración PRISMA “Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses” del año 2020 (16). De igual manera, se comprobó que el tema no se encuentre registrado en PROSPERO.

Para la formulación de la pregunta de investigación se utilizó la nemotecnia PICO, la cual se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Pregunta PICO.

	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
P	Pacientes o población	Mujeres en período gestacional
I	Intervención	Empleo de gemelos digitales
C	Comparación	Modelos tradicionales de consultas subsecuentes
O	Resultados	Eficacia en la prevención de complicaciones maternas y fetales

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Publicaciones dentro de los últimos 5 años.
- Disponibilidad de texto: artículos completos de acceso libre.
- Tipo de artículo: estudios observacionales, ensayos clínicos, multicéntrico y comparativo.
- Idioma: español e inglés.
- Especie: humanos.
- Edad: mayores a 18 años.

Criterios de exclusión:

- Literatura sin fundamento científico o bibliografía gris.
- Estudios no acordes a metodología planteada en el estudio.
- Tipo de artículo: reporte de casos, revisión sistemática, metaanálisis.

Fuentes de información

Los estudios fueron consultados desde el 1 de noviembre de 2024 hasta el 30 de abril de 2025, en las siguientes bases de datos: SCOPUS y Pubmed.

Estrategia de búsqueda

Tabla 2. Términos DeCS/MeSH.

FUENTE	PALABRA CLAVE	TERMINOS ALTERNATIVOS
DeCS	Mujeres Embarazadas	Embarazadas, Mujer Embarazada
MeSH	Pregnant Women	Pregnant Woman, Woman, Pregnant, Women, Pregnant
DeCS	Simulación por Computador	Modelado Computacional, Modelado in Silico, Modelos In silico, Modelos de Computador, Modelos de Computadora, Modelos de Ordenador, Simulación In silico, Simulación por Computador, Simulación por Ordenador
MeSH	Computer Simulation	-
MeSH	Digital twin	-
DeCS	Visita a Consultorio Médico	Visita a Consultorio Médico, Visitas a Consultorios Médicos
MeSH	Office Visits	Office Visit, Visit, Office, Visits, Office

Se utilizaron los operadores booleanos “AND” y “OR” para combinar estos términos y formular los algoritmos de búsqueda que se presentan en la tabla 3, los cuales fueron aplicados en las bases de datos previamente mencionadas.

Tabla 3. Ecuaciones de búsqueda.

BASES DE DATOS	ALGORITMOS DE BÚSQUEDA
Pubmed y SCOPUS	(Pregnant Women) AND ((Computer Simulation) OR (Digital twin))
	(Pregnant Women) AND (Office Visits)
	(Pregnant Women) AND (((Computer Simulation) OR (Digital twin)) OR (Office Visits))
	(Pregnant Women) AND (Digital twin)
	(Traditional prenatal care) AND (pregnancy complications OR maternal complications prevention)

Proceso de selección de los estudios

En la primera se revisaron los títulos y resumen de los artículos con el objetivo de descartar aquellos que no guardaban relación con la temática o que se encontraban duplicados; en la segunda fase, los textos restantes fueron evaluados en su totalidad para aplicar los criterios de elegibilidad. Para la depuración de duplicados se utilizó el software Zotero.

El proceso se llevó a cabo por las dos autoras de forma independiente, cualquier conflicto en la selección y la extracción fue solventada mediante una reunión grupal con el directo y el asesor metodológico del proyecto de investigación.

Lista de datos

- Desenlaces: eficacia, mejora en el monitoreo del embarazo, costo – efectividad, prevención de complicaciones materno – fetales.
- Otras variables: base de datos, título del artículo, autor del estudio, año, país y URL o DOI.

Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales

Se realizó utilizando diversas herramientas metodológicas según el tipo de estudio: para los ensayos clínicos aleatorizados se aplicó la herramienta Risk of Bias 2; en el caso de intervenciones no aleatorizadas, se empleó Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions (ROBINS-I); y para estudios narrativos y transversales, se utilizó la herramienta de evaluación crítica del Joanna Briggs Institute (JBI Critical Appraisal Tools).

Herramienta Rob2

La herramienta Rob2 evalúa cinco dominios donde puede surgir sesgo: selección de resultados informados, datos de resultados faltantes, desviaciones de las intervenciones planificadas, medición de resultados, proceso de aleatorización. Estos dominios utilizan preguntas de señalización para guiar las evaluaciones y los juicios de riesgo de sesgo, con respuestas categorizadas como bajo riesgo, algunas preocupaciones o alto riesgo de sesgo. Esta herramienta permite una evaluación estructurada y transparente del riesgo de sesgo en ensayos clínicos aleatorizados. Su aplicación mejora la calidad metodológica de las revisiones sistemáticas al identificar estudios con restricción que podría comprometer la validez de resultados.

Tabla 4. Evaluación del riesgo de sesgo con la herramienta RoB 2.

Dominio	Análisis
1. Sesgo por el proceso de aleatorización	Evalúa si la asignación a los grupos fue verdaderamente aleatoria y adecuadamente oculta.
2. Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas	Considera si los participantes y el personal sabían el grupo asignado, y si eso afectó la intervención recibida.
3. Sesgo por datos faltantes del resultado	Examina si hay pérdidas de datos importantes y si estas podrían afectar los resultados.
4. Sesgo en la medición del resultado	Revisa si quienes evaluaron el resultado estaban cegados y si la medición fue objetiva.
5. Sesgo en la selección del resultado informado	Evalúa si se informaron todos los resultados esperados o si hubo selección de resultados según los hallazgos.

Fuente: Risk of Bias del grupo Cochrane.

Herramienta ROBINS-I

Los estudios no aleatorizados sobre intervenciones (NRSI) cumplen una función crucial en diferentes áreas de evaluación en salud. Estos pueden adoptar formas como los estudios observacionales incluyendo cohortes y casos y controles en los que la asignación a los grupos de intervención ocurre como parte de la práctica clínica cotidiana, así como estudios cuasialeatorizados, en los que el método de asignación no cumple con los criterios de aleatorización estricta. Para analizar el riesgo de sesgo en este tipo de investigaciones, se utiliza la herramienta ROBINS-I, la cual permite evaluar la validez de las estimaciones de eficacia o seguridad (beneficios o perjuicios) obtenidas en estudios sin asignación aleatoria de las intervenciones.

Tabla 5. Evaluación del riesgo de sesgo en estudios no aleatorizados con la herramienta ROBINS-I.

Dominio	Pregunta
1. Sesgo por confusión	¿Se controlaron adecuadamente factores externos que podrían haber influido en el efecto observado?
2. Sesgo en la selección de participantes	¿Cómo fueron seleccionados los participantes? ¿Pudo esto haber afectado los resultados?
3. Sesgo en la clasificación de las intervenciones	¿Se identificaron correctamente los grupos de intervención y comparación?
4. Sesgo por desviaciones de las intervenciones previstas	¿Hubo diferencias importantes entre lo que se planeó y lo que realmente se hizo?
5. Sesgo por datos faltantes	¿Se perdieron datos importantes que podrían distorsionar los resultados?
6. Sesgo en la medición del desenlace	¿Los resultados se midieron de forma válida y sin influencia del conocimiento del grupo al que pertenecía el participante?
7. Sesgo en la selección del resultado informado	¿Se reportaron todos los resultados relevantes o solo algunos seleccionados?

Fuente: Herramienta ROBINS-I.

JBÍ para estudios de corte transversal analítico

La herramienta de evaluación crítica de JBI para estudios de corte transversal analíticos es un instrumento que permite evaluar la validez metodológica de estos estudios. Examina aspectos como la claridad en los criterios de inclusión, la medición válida y confiable de exposiciones y desenlaces, y el tratamiento de factores de confusión. Además, permite identificar posibles sesgos que puedan afectar los resultados en revisiones sistemáticas.

Tabla 6. Criterios de evaluación crítica JBI para estudios de corte transversal analítico.

N.º	Preguntas
1	¿Se definieron claramente los criterios de inclusión en la muestra? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
2	¿Se describieron en detalle los sujetos del estudio y el contexto? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
3	¿Se midió la exposición de manera válida y confiable? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
4	¿Se usaron criterios objetivos y estandarizados para medir la condición? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
5	¿Se identificaron los factores de confusión? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
6	¿Se mencionaron estrategias para tratar con los factores de confusión? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
7	¿Se midieron los desenlaces (resultados) de forma válida y confiable? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
8	¿Se utilizó un análisis estadístico apropiado? ☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica

Fuente: Joanna Briggs Institute (JBI).

JBI para estudios narrativos

La herramienta JBI para la evaluación crítica de evidencia narrativa sirve para analizar si un relato es válido y útil como evidencia dentro de una revisión sistemática. Evalúa aspectos como la credibilidad del narrador, la claridad del contexto, la secuencia lógica de los eventos y la coherencia de las conclusiones. También permite determinar si el texto cumple con las características de una narrativa.

Tabla 7. Criterios de evaluación crítica JBI para estudios narrativos.

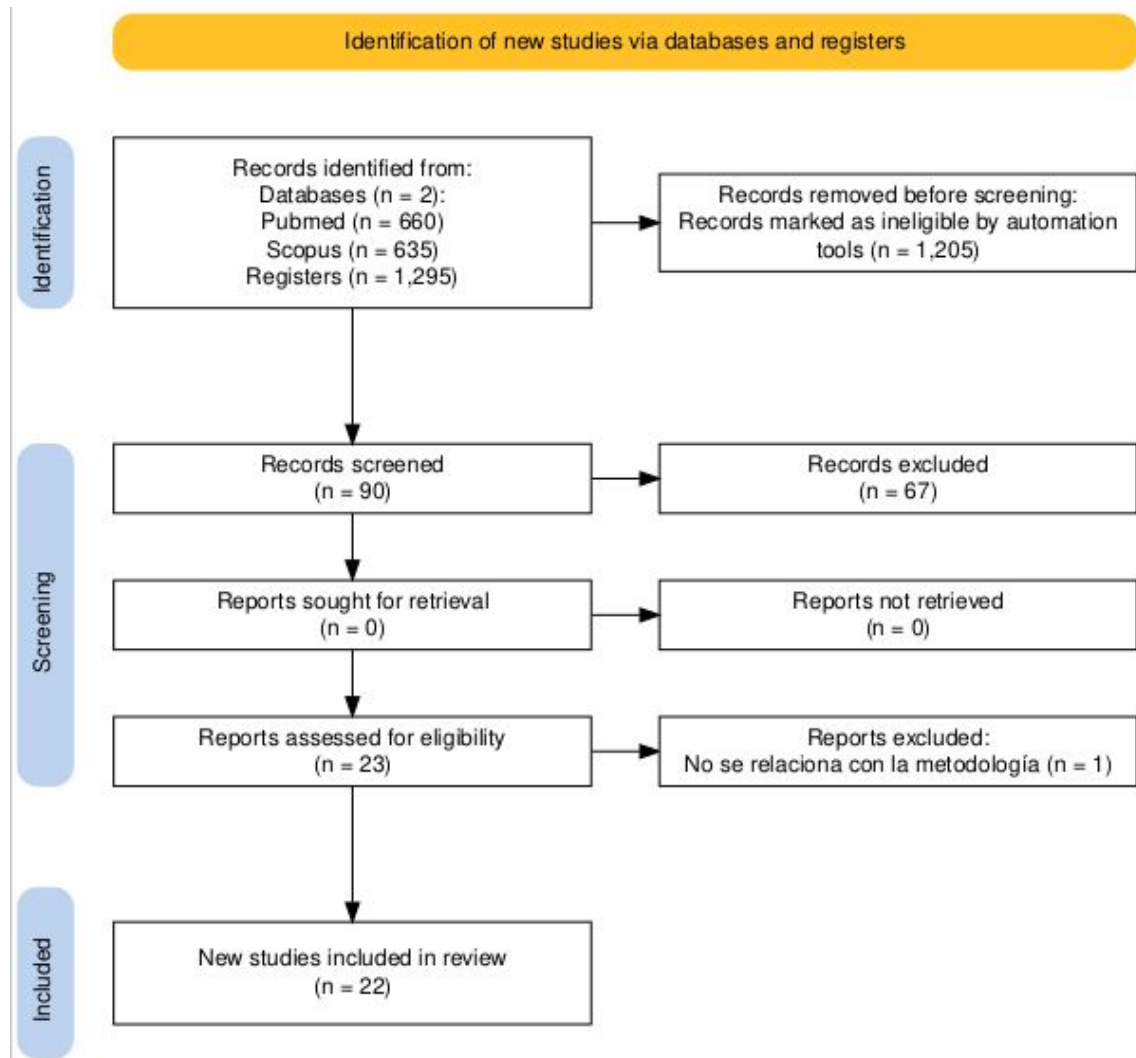
Nº	Preguntas
1	¿El generador de la narrativa es una fuente creíble o apropiada?
	☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
2	¿Se explica la relación entre el texto y su contexto? (dónde, cuándo, con quién, cómo)
	☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
3	¿La narrativa presenta los eventos en una secuencia lógica que permita comprender su desarrollo?
	☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
4	¿Usted, como lector/a u oyente, llega a conclusiones similares a las del narrador?
	☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
5	¿Las conclusiones se derivan de forma coherente del relato narrado?
	☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica
6	¿Considera usted que este relato califica como una narrativa?
	☐ Sí ☐ No ☐ No claro ☐ No aplica

Fuente: Joanna Briggs Institute (JBI).

RESULTADOS

Selección de estudios

Figura 1. Proceso de selección de estudios.



Características de los estudios

Los estudios incluidos en la presente revisión sistemática se describen en la tabla 4.

Tabla 8. Artículos incluidos en la revisión sistemática.

N	BASE DE DATOS	TÍTULO	AUTORES	AÑO	PAÍS	URL O DOI
1	Scopus	Development of a computational pregnant female phantom and calculation of fetal dose during a photon breast radiotherapy (17)	Kopacin et al.	2022	Croacia / Bélgica	10.2478/raon-2022-0039
2	Scopus	In Silico Modeling for Ex Vivo Placental Transfer of Morphine (18)	Ho et al.	2022	Nueva Zelanda / Japón	10.1002/jcph.2105
3	Scopus	3D printing of realistic body phantoms: Comparison of measured and simulated organ doses on the example of a CT scan on a pregnant woman (19)	Kunert et al.	2024	Alemania	10.1002/mp.17420

4	Pubmed	Physiological and affective responses to green space virtual reality among pregnant women (20)	Yi Sun et al.	2023	China / EE. UU.	10.1016/j.envres.2022.114499
5	Pubmed	State-trait anxiety levels and vital signs of pregnant women following intervention with virtual reality during the nonstress test: A randomized controlled trial (21)	García et al.	2024	España / China	10.1016/j.jad.2024.03.148
6	Pubmed	Association Between the Use of a Digital Health Platform During Pregnancy and Helping Users Avoid Emergency and In-Person Care: Retrospective Observational Study (22)	Jahnke et al.	2023	EE. UU.	10.2196/43180
7	Pubmed	Comparative evaluation of two simulation technologies for obstetric ultrasound trainees' assessment (23)	Yoann et al.	2025	Francia	10.1016/j.ejogrb.2025.01.014
8	Pubmed	Promotion of Preconception Care Among Adolescents and Young Adults by Conversational Agent (24)	Bickmore et al.	2020	EE. UU.	10.1016/j.jadohealth.2019.09.006

9	Pubmed	Effects of Fetal Images Produced in Virtual Reality on Maternal-Fetal Attachment: Randomized Controlled Trial (25)	Kyong et al.	2023	Corea del Sur	10.2196/43634
10	Pubmed	Comparisons of the Effects of Watching Virtual Reality Videos and Chewing Gum on the Length of Delivery Stages and Maternal Childbirth Satisfaction: A Randomized Controlled Trial (26)	Ebrahimian et al.	2021	Irán	10.30476/ijms.2019.82782.1119
11	Pubmed	The effect of virtual reality on anxiety, stress, and hemodynamic parameters during cesarean section: A randomized controlled clinical trial (27)	Almedhesh et al.	2022	Arabia Saudita	10.15537/smj.2022.43.4.20210921
12	Scopus	Self-management system for postpartum women with hypertension disorders: an eHealth application intervention study (28)	Wei Chang et al.	2023	Taiwán	10.1186/s12884-023-05483-y

13	Scopus	Effectiveness of mHealth consultation services for preventing postpartum depressive symptoms: a randomized clinical trial (29)	Arakawa et al.	2023	Japón	10.1186/s12916-023-02918-3
14	Scopus	The femtech revolution—A new approach to pregnancy management: Digital transformation of maternity care—The hybrid e-health perinatal clinic addressing the unmet needs of low- and middle-income countries (30)	Moshe Hod et al.	2023	Israel / India / Kenia / Irlanda	10.1002/ijgo.15032
15	Scopus	Consistency among Office, Home, and Ambulatory Blood Pressure Values in Women with Chronic Hypertension and History of Eclampsia or Preeclampsia (31)	Wojciechowska et al.	2022	Polonia	10.3390/jcm11175065
16	Scopus	Poor coverage of quality-adjusted antenatal care services: a population-level assessment by visit and source of antenatal care services in Bihar state of India (32)	Dandona et al.	2024	India / EE. UU.	10.1016/j.lansea.2023.100332

17	PubMed	Group vs traditional prenatal care for improving racial equity in preterm birth and low birthweight: the Centering and Racial Disparities randomized clinical trial study (33)	Crockett et al.	2022	Estados Unidos	https://doi.org/10.1016/j.ajog.2022.06.066
18	PubMed	OB Nest randomized controlled trial: a cost comparison of reduced visit compared to traditional prenatal care (34)	Theiler et al.	2021	Estados Unidos	https://doi.org/10.1186/s12884-021-03557-3
19	PubMed	Group vs Individual Prenatal Care and Gestational Diabetes Outcomes: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial (35)	Chen et al.	2023	Estados Unidos	https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.30763
20	PubMed	Competing-risks model for prediction of small-for-gestational-age neonate at 36 weeks' gestation (37)	Papastefanou et al.	2022	Reino Unido y Grecia	https://doi.org/10.1002/uog.26057
21	PubMed	Effectiveness of an intervention focusing on diet and walking during pregnancy in the primary health care service (36)	Malta et al.	2021	Brasil	https://doi.org/10.1590/0102-311X00010320

22	PubMed	Three short postmeal walks as an alternate therapy to continuous walking for women with gestational diabetes (38)	Christie et al.	2022	Canadá	https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0619
----	--------	---	-----------------	------	--------	---

Riesgo de sesgo de los estudios individuales

Figura 2. Evaluación del riesgo de sesgo (ROB-2).

		Risk of bias domains					
		D1	D2	D3	D4	D5	Overall
Study	Bickmore et al						
	Sun et al						
	Garcia et al						
	Almedhesh et al						
	Ebrahimian et al						
	Lee et al						
	Crockett et al						
	Theiler et al						
	Arakawa et al						
	Christie et al						
Domains:		D1: Bias arising from the randomization process. D2: Bias due to deviations from intended intervention. D3: Bias due to missing outcome data. D4: Bias in measurement of the outcome. D5: Bias in selection of the reported result.					Judgement  Low

La Figura 2 utiliza la herramienta RoB 2 (Risk of Bias 2.0) para ensayos aleatorizados. En ella se analizan cinco dominios de sesgo (D1 a D5), incluyendo la aleatorización, desviaciones de la intervención, datos faltantes, medición del desenlace y selección de los resultados reportados. Todos los estudios incluidos fueron calificados con un riesgo de sesgo bajo.

Figura 3. Evaluación del riesgo de sesgo en estudios no aleatorizados (ROBINS-I).

		Risk of bias domains							
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Overall
Study	Malta et al								
	Chang et al								

Domains:

D1: Bias due to confounding.

D2: Bias due to selection of participants.

D3: Bias in classification of interventions.

D4: Bias due to deviations from intended interventions.

D5: Bias due to missing data.

D6: Bias in measurement of outcomes.

D7: Bias in selection of the reported result.

Judgement

 Serious

 Moderate

 Low

La Figura 3 muestra la evaluación mediante la herramienta ROBINS-I. La investigación de Malta et al. presenta un riesgo de sesgo moderado en el dominio D1 (confusión) y en la evaluación global, mientras que en los demás dominios se identifica un riesgo bajo. Por su parte, el estudio de Chang et al. muestra un riesgo de sesgo serio tanto en el dominio D1 como en la evaluación global, además de riesgos moderados en los dominios D4 (medición de desenlaces) y D6 (selección del resultado reportado).

Figura 4. Evaluación de la calidad metodológica de estudios transversales según la herramienta JBI.

Pregunta	Athiel et al	Dandona et al	Jahnke et al	Chen et al	Wojciechowska et al	Papastefanou et al
1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
4	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí
6	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí
7	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
8	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

La Figura 4 muestra la evaluación de siete estudios transversales utilizando la herramienta JBI para estudios de corte transversal. La mayoría de los estudios se ajustan correctamente con los criterios metodológicos establecidos. Sin embargo, en los estudios de Athlit et al. y Jambek, no se identificaron los factores de confusión, lo cual representa una limitación

importante que podría comprometer la validez interna.

Figura 5. Evaluación de la calidad metodológica de estudios narrativos según la herramienta JBI.

Pregunta	Kopacin et al	Hod et al	Kunert et al	Ho et al
1	Sí	Sí	Sí	Sí
2	Sí	Sí	Sí	Sí
3	Sí	Sí	Sí	Sí
4	Sí	Sí	Sí	Sí
5	Sí	Sí	Sí	Sí
6	Sí	Sí	Sí	Sí

La Figura 5 se muestra la evaluación crítica de cuatro estudios narrativos utilizando la herramienta JBI para evidencia textual narrativa. Todos los estudios respondieron afirmativamente a las seis preguntas de la lista de chequeo, lo cual indica que cumplen con los criterios metodológicos establecidos.

Resultado de los estudios individuales

Tabla 9. Precisión diagnóstica de las complicaciones de los gemelos digitales y las visitas subsecuentes en el embarazo.

AUTOR	AÑO	LUGAR	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	COMPARACIÓN	COMPLICACIONES RELACIONADAS	PRECISIÓN
Papastefanou et al. (36)	2022	Reino Unido / Grecia	Mujeres embarazadas (gestación 36s)	Modelo predictivo de riesgos con base en análisis ecográfico y biomarcadores	Práctica obstétrica convencional	Restricción de crecimiento intrauterino (RCIU)	Alta precisión reportada
Wojciechowska et al. (31)	2022	Polonia	Mujeres con hipertensión crónica	Monitoreo digital	Valores de presión arterial en consulta	Riesgo de preeclampsia, hipertensión gestacional	Alta
Dandona et al. (32)	2024	India / EE.UU.	Población general embarazada	Evaluación de cobertura de atención prenatal por fuente del servicio	Atención prenatal tradicional	Baja cobertura de servicios de calidad y mayor riesgo obstétrico	Bajo

Crockett et al. (33)	2022	Estados Unidos	Mujeres afroamericanas	Atención prenatal grupal tipo <i>Centering Pregnancy</i>	Atención prenatal individual	Parto pretérmino, bajo peso al nacer	Mejora significativa
Chen et al. (35)	2023	Estados Unidos	Gestantes con riesgo de diabetes	Control prenatal grupal vs. individual	Atención prenatal tradicional individual	Diabetes gestacional, macrosomía fetal	Mejora de resultados
Theiler et al. (34)	2021	Estados Unidos	Embarazadas de bajo riesgo	Modelo digital OB Nest con menos visitas físicas	Modelo tradicional de visitas	Seguimiento general del embarazo	Baja
Moshe Hod et al. (30)	2023	Israel / India / Kenia	Mujeres embarazadas (bajos recursos)	Clínica perinatal híbrida e-health (<i>femtech</i>)	Atención convencional en países de bajos ingresos	Preeclampsia, diabetes gestacional, partos complicados	Alta
Athiel et al. (23)	2025	París, Francia	207 residentes	Uso de simuladores (Simbionix y OPUS)	Evaluación práctica en pacientes reales embarazadas	Dificultades diagnósticas por obesidad, posición fetal, trimestre	Simbionix: 95% correlación alta; OPUS: 88%, correlación baja
Christie et al. (38)	2022	Australia	41 mujeres con diabetes gestacional	Modelo tradicional (actividad física postprandial + monitoreo CGM)	Caminata postprandial vs. caminata continua	Hiperglucemia postprandial, macrosomía	23.3%

Tabla 6. Costo-efectividad del uso de gemelos digitales y consultas subsecuentes en el seguimiento de embarazos de alto riesgo.

AUTOR	AÑO	LUGAR	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	COMPARACIÓN	ESPECIALIDAD	COSTO-EFECTIVIDAD / COSTOS
Theiler et al. (34)	2021	Estados Unidos	Embarazadas de bajo riesgo	Modelo OB Nest (seguimiento virtual + visitas reducidas)	Atención prenatal convencional	Obstétrica	Bajo
Crockett et al. (33)	2022	Estados Unidos	Mujeres afroamericanas (alto riesgo)	Atención grupal tipo <i>Centering Pregnancy</i>	Atención individual tradicional	Obstétrica	Alta costo-efectividad en minorías
Moshe Hod et al. (30)	2023	Israel / India / Kenia	Mujeres en países de ingresos bajos	Clínica híbrida perinatal con tecnologías femtech	Clínica convencional	presencial Obstétrica / Medicina materno-fetal	Costo bajo
Arakawa et al. (29)	2023	Japón	Puérperas con riesgo de depresión	Consulta mHealth posparto	Seguimiento estándar	Gineco-obstétrica	Alto

Wei Chang et al. (28)	2023	Taiwán	Mujeres con trastornos hipertensivos postparto	App de autocuidado con monitoreo remoto	Seguimiento presencial	Medicina interna / Obstétrica	Alta eficiencia en gestión domiciliaria
Dandona et al. (32)	2024	India / EE. UU.	Embarazadas en región rural pobre	Análisis poblacional de servicios según fuente y calidad	Atención mixta pública/privada	Salud pública / Obstétrica	Costo-efectividad deficiente
Jahnke et al. (22)	2023	Estados Unidos	Mujeres embarazadas con acceso digital	Plataforma digital para evitar urgencias y visitas físicas	Cuidado convencional presencial	Obstétrica / Atención primaria	Reducción de visitas y costos asociados
Kunert et al. (19)	2024	Alemania	Mujeres embarazadas	Simulación con gemelo digital impreso en 3D	Modelo digital vs. físico	Ginecología	Bajo costo relativo (tecnología costo-efectiva)
Athiel et al. (23)	2025	Francia	Estudiantes de obstetricia	Uso de simuladores vs exámenes en pacientes	Examen real en embarazadas	Obstetricia y Ginecología	Costos elevados de exámenes en pacientes, reducción posible del 36.9% con simuladores
Malta et al. (36)	2021	Brasil	362 gestantes en atención primaria	Modelo tradicional (consejería estructurada en APS sin tecnología digital)	Atención estructurada vs. atención rutinaria	Obstetricia	Bajo costo

Kopacin et al. (17)	2022	Croacia	Simulación computacional de embarazada	Modelo de gemelo digital (anatomía 3D, simulación MC)	Uso de realidad virtual 3D vs radiología convencional	Ginecología	Elevado costo
----------------------------	------	---------	--	---	---	-------------	---------------

Tabla 10. Eficacia de los gemelos digitales en comparación con las visitas subsecuentes en la prevención de complicaciones durante el embarazo.

AUTOR	AÑO	LUGAR	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	ESPECIALIDAD	PREVENCIÓN DE COMPLICACIONES	EFICACIA / % PRECISIÓN
Kyong et al. (25)	2023	Corea del Sur	Mujeres embarazadas	Realidad virtual con imagen fetal 3D	Obstétrica	Aumento del apego materno-fetal, disminución del estrés	Significativa (p < 0.05)
García et al. (21)	2024	España / China	Gestantes en prueba no estresante	Realidad virtual inmersiva durante NST	Obstétrica / Psicología	Disminución de ansiedad y signos vitales alterados	Reducción ansiedad: >20 %
Yi Sun et al. (20)	2023	China / EE.UU.	Mujeres embarazadas	Entorno virtual natural (VR)	Psicología perinatal	Reducción del estrés y mejor respuesta afectiva	Alta
Almedhesh et al. (27)	2022	Arabia Saudita	Mujeres con cesárea electiva	Realidad virtual durante cesárea	Obstétrica / Anestesia	Reducción de ansiedad, presión arterial y frecuencia cardíaca	Moderada

Ebrahimian et al. (26)	2021	Irán	Mujeres en trabajo de parto	Videos en realidad virtual	Obstétrica	Mayor satisfacción con el parto, reducción en duración	Baja precisión
Bickmore et al. (24)	2020	EE. UU.	Adolescentes y jóvenes adultos	Agente conversacional sobre cuidados preconceptionales	Ginecológica / Salud pública	Mejora en conocimiento y conducta preventiva	30 %
Moshe Hod et al. (30)	2023	Israel / India / Kenia	Mujeres embarazadas (bajo-medio ingreso)	Clínica híbrida e-health (<i>femtech</i>)	Obstétrica	Mejora en adherencia y monitoreo, prevención de preeclampsia	Alta efectividad, sin % exacto
Jahnke et al. (22)	2023	EE. UU.	Mujeres embarazadas	Plataforma digital de salud para evitar visitas presenciales no urgentes	Obstétrica / Atención primaria	Reducción en visitas innecesarias y mejor orientación	Alta
Ho et al. (18)	2022	Nueva Zelanda / Japón	Modelo in silico de placenta	Simulación de transferencia placentaria de morfina	Farmacología / Obstetricia	Estimación segura de exposición fetal a morfina	Alta eficacia predictiva del modelo
Athiel et al. (23)	2025	Francia	207 residentes	Simuladores obstétricos (Simbionix, OPUS)	Obstetricia	Mejora en la preparación diagnóstica (prevención indirecta)	Simbionix: 95% éxito; OPUS: 88% éxito

Chtistie et al. (38)	2022	Australia	41 mujeres con diabetes gestacional	Modelo tradicional (actividad física postprandial con CGM)	Obstetricia	Reducción de hiperglucemia postprandial y macrosomía	23.3%
Malta et al. (36)	2021	Brasil	362 gestantes en atención primaria	Modelo tradicional (consejería en caminata y alimentación)	Obstetricia / APS	Reducción de sedentarismo, obesidad gestacional, preeclampsia	Alta precisión

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática analiza la eficacia de los gemelos digitales en el seguimiento y prevención de complicaciones en el embarazo en comparación con los modelos tradicionales de consultas subsecuentes. Los resultados de los estudios incluidos revelan que las tecnologías digitales tienen un impacto positivo, mejorando la precisión diagnóstica, ofreciendo en varios casos una alternativa costo-efectiva, y demostrando eficacia en la prevención de complicaciones maternas y fetales.

Los estudios centrados en la precisión diagnóstica evidencian cómo los gemelos digitales y otras simulaciones computacionales permiten una evaluación más exacta de condiciones críticas durante el embarazo. El estudio de Papastefanou et al. (36) desarrolló un modelo predictivo eficaz para la detección de restricción del crecimiento fetal (RCIU) a las 36 semanas de gestación. Del mismo modo, Wojciechowska et al. (31) mostró que el monitoreo combinado de presión arterial (consultorio, hogar y ambulatorio) mejora la identificación de mujeres con riesgo de preeclampsia. Estas herramientas permiten una mayor precisión en contextos clínicos, especialmente frente a la variabilidad de los parámetros hemodinámicos en el embarazo.

En el área de simulación radiológica, Kopacin et al. (17) y Kunert et al. (19) desarrollaron fantasmas digitales para simular embarazos y calcular la dosis fetal en contextos de radioterapia y tomografía. Estos modelos permiten ajustar protocolos de imagen reduciendo los riesgos de teratogenicidad, lo que mejora la seguridad clínica en procedimientos diagnósticos.

En cuanto a la relación costo-efectividad, se destacan diversas tecnologías aplicadas en contextos de alto riesgo obstétrico. El estudio de Theiler et al. (34), que analizó el modelo OB Nest (seguimiento prenatal digital con menos visitas), evidenció un aumento del 34

% en el costo total, atribuido a la mayor carga para enfermería, lo cual plantea dudas sobre su viabilidad sin rediseño estructural. Sin embargo, Moshe et al. (30) propusieron un modelo híbrido (PregCare), que combina puntos físicos, monitoreo remoto y autocuidado, demostrando ser una alternativa eficaz en países de bajos recursos, con bajo costo y alta escalabilidad.

Por otro lado, Arakawa et al. (29) y Wei Chang et al. (28) evidenciaron que las plataformas mHealth permiten reducir los costos asociados al seguimiento presencial, especialmente en contextos como la hipertensión postparto y el riesgo de depresión. Estas plataformas eliminan barreras geográficas y mejoran la continuidad del cuidado. Dandona et al. (32), por su parte, mostró una baja cobertura ajustada por calidad en los servicios prenatales de Bihar, lo cual resalta la necesidad de modelos digitales que garanticen atención efectiva en regiones vulnerables.

Diversos estudios reportaron mejoras en variables fisiológicas y psicológicas gracias al uso de tecnología digital. Yi et al. (20) mostró que un entorno virtual con espacios verdes redujo la presión sistólica en 4.6 mmHg y aumentó el afecto positivo en 6.6 puntos, lo que sugiere beneficios emocionales y cardiovasculares en gestantes. García et al. (21) encontró que la realidad aumentada redujo la ansiedad en un 54 % y mejoró parámetros hemodinámicos en embarazadas durante la prueba no estresante. Estos hallazgos sustentan que las tecnologías inmersivas pueden reemplazar parcialmente las visitas presenciales, ofreciendo monitorización emocional no invasiva.

En salud mental posparto, Arakawa et al. (29) observó una reducción en síntomas depresivos en el grupo mHealth (15.2 % vs. 22.8 %, RR: 0.67), demostrando la efectividad de las consultas virtuales continuas. Asimismo, Hannah et al. (22) reportó que el 5.3 % de las embarazadas usuarias de la plataforma Maven evitaron una visita

innecesaria, gracias al aprendizaje sobre signos de alerta (ORa: 3.55), lo cual sugiere que la educación digital mejora la autorregulación clínica.

Kyong et al. (25) mostró que el uso de imágenes fetales en realidad virtual fortaleció el vínculo materno-fetal y redujo el estrés, mientras que Ebrahimian et al. (26) encontró una mayor satisfacción con el parto y una menor duración de las fases del trabajo de parto mediante uso de VR. Estas intervenciones digitales contribuyen a mejorar el bienestar integral materno durante el proceso de gestación y parto.

Una limitación relevante de esta revisión es la heterogeneidad metodológica entre los estudios, que incluye diferencias en poblaciones, tipo de tecnologías empleadas y formas de medir la eficacia y el costo-efectividad. Muchos estudios son recientes o en fase experimental, lo que limita generalizaciones amplias. Asimismo, existen pocos ensayos clínicos aleatorizados de largo plazo con gemelos digitales completos aplicados al embarazo.

Los hallazgos tienen implicaciones importantes para la práctica clínica y la política de salud. La integración de gemelos digitales, realidad virtual, y plataformas mHealth puede optimizar el seguimiento obstétrico, especialmente en contextos de alto riesgo o con limitada cobertura. Estas herramientas ofrecen nuevas oportunidades para personalizar el cuidado prenatal, reducir barreras estructurales y mejorar resultados maternos y perinatales. La implementación escalonada, adaptada al contexto local y respaldada por formación profesional adecuada, es fundamental para garantizar su sostenibilidad.

CONCLUSIONES

1. Los gemelos digitales, modelos computacionales y procesos de simulación tienen la alta precisión en la estimación de dosis de radiación fetal y generación de posibles escenarios clínicos, lo que establece la utilidad en el proceso diagnóstico. Los modelos pueden igualar o superar a las visitas presenciales tradicionales en relación al seguimiento de parámetros clínicos y detección de riesgos.
2. Las plataformas digitales generan un enfoque costo efectivo, que reduce la necesidad de visitas presenciales, disminuye la aparición de complicaciones asociadas al embarazo y mejora el autocuidado de cada una de las pacientes. Esto no requiere grandes inversiones en infraestructura médica, por lo que es relevante en contextos con recursos limitados.
3. Los agentes de conversación, las tecnologías de realidad virtual y las plataformas digitales son eficaces en la reducción de los factores de riesgo durante el embarazo. Tienen la posibilidad de reducir la ansiedad gestacional mediante sesiones de relajación guiada y existe la posibilidad de monitorear los signos vitales de las pacientes de forma remota, lo que ayuda a reducir la hipertensión inducida por el embarazo y el riesgo de preeclampsia. Mediante la utilización de estas plataformas, es posible identificar síntomas a través de preguntas automatizadas e identificar e identificar signos de alarma. Por otro lado, mejoran la adherencia al control prenatal mediante recordatorios de citas, educación continua y acceso a consultas en línea.

CONFLICTO DE INTERESES

Se declara que no se presentó ningún tipo de conflicto de intereses durante el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Susilo ME, Li CC, Gadkar K, Hernandez G, Huw LY, Jin JY, et al. Systems-based digital twins to help characterize clinical dose-response and propose predictive biomarkers in a Phase I study of bispecific antibody, mosunetuzumab, in NHL. Clin Transl Sci [Internet]. 2023 [citado 18 de marzo de 2025];16(7):1134-48. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36908269/>
2. Björnsson B, Borrebaeck C, Elander N, Gasslander T, Gawel DR, Gustafsson M, et al. Digital twins to personalize medicine. Genome Med [Internet]. 1 de enero de 2020 [citado 18 de marzo de 2025];12(1). Disponible en: <https://genomemedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13073-019-0701-3>
3. Johnson Z, Saikia MJ. Digital Twins for Healthcare Using Wearables. Bioengineering (Basel) [Internet]. 2024 [citado 20 de octubre de 2024];11(6). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38927842/>
4. Bousquet J, Bedbrook A, Czarlewski W, De Carlo G, Fonseca JA, González Ballester MA, et al. Digital Health Europe (DHE) Twinning on severe asthma-kick-off meeting report. J Thorac Dis [Internet]. 2021 [citado 18 de marzo de 2025];13(5):3215-25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34164213/>
5. Knowles L, Luth W, Bubela T. Paving the road to personalized medicine: recommendations on regulatory, intellectual property and reimbursement challenges. J Law Biosci [Internet]. 2017 [citado 28 de noviembre de 2024];4(3):453. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5965495/>
6. Meijer C, Uh HW, el Bouhaddani S. Digital Twins in Healthcare: Methodological Challenges and Opportunities. J Pers Med [Internet]. 2023 [citado 20 de octubre de 2024];13(10). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37888133/>
7. Kebede DB, Belachew YB, Selbana DW, Gizaw AB. Maternal Satisfaction with Antenatal Care and Associated Factors among Pregnant Women in Hossana Town. Int J Reprod Med [Internet]. 2020 [citado 28 de noviembre de 2024];13(10). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37888133/>

- 2024];2020(1):2156347. Disponible en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2020/2156347>
8. Schrager S. Pregnancy Care, the Family Medicine Way. *Fam Med* [Internet]. 2023 [citado 28 de noviembre de 2024];55(9):572. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10622131/>
 9. Oviedo-Mendoza MA, del Pilar Calsín Alvarado MA, Rubín-De-Celis VE. Complicaciones maternas y embarazo adolescente en América Latina: Revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Fac Med Hum* [Internet]. 2024 [citado 20 de octubre de 2024];24(2):108-18. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312024000200108
 10. Torres Chávez IA, Paola L, Morán R, Faytong MS. Las tres demoras en salud que llevan a complicaciones obstétricas en embarazadas en ecuador. Un estudio de revisión. *Más Vita* [Internet]. 2020 [citado 20 de octubre de 2024];2(3 Extraord):104-13. Disponible en:
<http://acvenisproh.com/revistas/index.php/masvita/article/view/150/805>
 11. Organización Mundial de la Salud. Mortalidad materna [Internet]. 2021 [citado 20 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality>
 12. Souza JP, Day LT, Rezende-Gomes AC, Zhang J, Mori R, Baguiya A, et al. A global analysis of the determinants of maternal health and transitions in maternal mortality. *Lancet Glob Health* [Internet]. 2024 [citado 20 de octubre de 2024];12(2):e306-16. Disponible en:
<http://www.thelancet.com/article/S2214109X23004680/fulltext>
 13. Kamel Boulos MN, Zhang P. Digital Twins: From Personalised Medicine to Precision Public Health. *J Pers Med* [Internet]. 2021 [citado 20 de octubre de 2024];11(8). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34442389/>
 14. Scott AK, Oyen ML. Virtual pregnancies: predicting and preventing pregnancy complications with digital twins. *Lancet Digit Health* [Internet]. 2024 [citado 20

- de octubre de 2024];6(7):e436-7. Disponible en: <http://www.thelancet.com/article/S2589750024000864/fulltext>
15. Louwagie EM, Carlson L, Over V, Mao L, Fang S, Westervelt A, et al. Longitudinal ultrasonic dimensions and parametric solid models of the gravid uterus and cervix. PLoS One [Internet]. 2021 [citado 20 de octubre de 2024];16(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33507927/>
 16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ [Internet]. 2021 [citado 25 de mayo de 2024];372. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33782057/>
 17. Kopacin V, Kasabasic M, Faj D, de Saint Hubert M, Galic S, Ivkovic A, et al. Development of a computational pregnant female phantom and calculation of fetal dose during a photon breast radiotherapy. Radiol Oncol [Internet]. 2022 [citado 9 de abril de 2025];56(4):541-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36259318/>
 18. Ho H, Zhang S, Kurosawa K, Chiba K. In Silico Modeling for Ex Vivo Placental Transfer of Morphine. J Clin Pharmacol [Internet]. 2022 [citado 9 de abril de 2025];62 Suppl 1(Suppl 1):140-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36106779/>
 19. Kunert P, Schlattl H, Trinkl S, Honorio da Silva E, Reichert D, Giussani A. 3D printing of realistic body phantoms: Comparison of measured and simulated organ doses on the example of a CT scan on a pregnant woman. Med Phys [Internet]. 2024 [citado 9 de abril de 2025];51(12). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39298691/>
 20. Sun Y, Li F, He T, Meng Y, Yin J, Yim IS, et al. Physiological and affective responses to green space virtual reality among pregnant women. Environ Res [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2025];216:114499. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122018266>

21. García-González J, Martínez-Navarro A, Romero-del Rey R, Requena-Mullor M, Zheng R, Lopez-Villen A, et al. State-trait anxiety levels and vital signs of pregnant women following intervention with virtual reality during the nonstress test: A randomized controlled trial. *J Affect Disord* [Internet]. 2024 [citado 9 de abril de 2025];355:308-14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38548203/>
22. Jahnke HR, Rubin-Miller L, Henrich N, Moss C, Shah N, Peahl A. Association Between the Use of a Digital Health Platform During Pregnancy and Helping Users Avoid Emergency and In-Person Care: Retrospective Observational Study. *J Med Internet Res* [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2025];25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37184930/>
23. Athiel Y, Defrance M, Noble P, Girault A, Pannier E, Tsatsaris V, et al. Comparative evaluation of two simulation technologies for obstetric ultrasound trainees' assessment. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* [Internet]. 2025 [citado 9 de abril de 2025];306:81-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39798494/>
24. Bickmore T, Zhang Z, Reichert M, Julce C, Jack B. Promotion of Preconception Care Among Adolescents and Young Adults by Conversational Agent. *J Adolesc Health* [Internet]. 2020 [citado 9 de abril de 2025];67(2S):S45-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32718515/>
25. Lee KN, Kim HJ, Choe K, Cho A, Kim B, Seo J, et al. Effects of Fetal Images Produced in Virtual Reality on Maternal-Fetal Attachment: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res* [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2025];25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36826976/>
26. Ebrahimian A, Rahmani Bilandi R. Comparisons of the Effects of Watching Virtual Reality Videos and Chewing Gum on the Length of Delivery Stages and Maternal Childbirth Satisfaction: A Randomized Controlled Trial. *Iran J Med Sci* [Internet]. 2021 [citado 9 de abril de 2025];46(1):15-22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33487788/>

27. Almedhesh SA, Elgzar WT, Ibrahim HA, Osman HA. The effect of virtual reality on anxiety, stress, and hemodynamic parameters during cesarean section: A randomized controlled clinical trial. *Saudi Med J* [Internet]. 2022 [citado 9 de abril de 2025];43(4):360-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35414614/>
28. Chang CW, Tsai YJ, Hsu YY, Hou TW. Self-management system for postpartum women with hypertension disorders: an eHealth application intervention study. *BMC Pregnancy Childbirth* [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2025];23(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36927463/>
29. Arakawa Y, Haseda M, Inoue K, Nishioka D, Kino S, Nishi D, et al. Effectiveness of mHealth consultation services for preventing postpartum depressive symptoms: a randomized clinical trial. *BMC Med* [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2025];21(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37365535/>
30. Hod M, Divakar H, Kihara AB, Geary M. The femtech revolution-A new approach to pregnancy management: Digital transformation of maternity care-The hybrid e-health perinatal clinic addressing the unmet needs of low- and middle-income countries. *Int J Gynaecol Obstet* [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2025];163(1):4-10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37554042/>
31. Wojciechowska E, Sobieraj P, Siński M, Zaborska-Dworak MA, Gryglas P, Lewandowski J. Consistency among Office, Home, and Ambulatory Blood Pressure Values in Women with Chronic Hypertension and History of Eclampsia or Preeclampsia. *J Clin Med* [Internet]. 2022 [citado 9 de abril de 2025];11(17). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36078995/>
32. Dandona R, Kumar GA, Majumder M, Akbar M, Prasad Dora SS, Dandona L. Poor coverage of quality-adjusted antenatal care services: a population-level assessment by visit and source of antenatal care services in Bihar state of India. *The Lancet regional health Southeast Asia* [Internet]. 2023 [citado 20 de abril de 2025];25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39021484/>
33. Crockett AH, Chen L, Heberlein EC, Britt JL, Covington-Kolb S, Witrick B, et al. Group vs traditional prenatal care for improving racial equity in preterm birth and low birthweight: the Centering and Racial Disparities randomized clinical trial

- study. *Am J Obstet Gynecol* [Internet]. 2022 [citado 20 de abril de 2025];227(6):893.e1-893.e15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36113576/>
34. Theiler RN, Butler-Tobah Y, Hathcock MA, Famuyide A. OB Nest randomized controlled trial: a cost comparison of reduced visit compared to traditional prenatal care. *BMC Pregnancy Childbirth* [Internet]. 2021 [citado 25 de abril de 2025];21(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33478433/>
 35. Chen Y, Crockett AH, Britt JL, Zhang L, Nianogo RA, Qian T, et al. Group vs Individual Prenatal Care and Gestational Diabetes Outcomes: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open* [Internet]. 2023 [citado 25 de abril de 2025];6(8):e2330763. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37642966/>
 36. Papastefanou I, Thanopoulou V, Dimopoulou S, Syngelaki A, Akolekar R, Nicolaides KH. Competing-risks model for prediction of small-for-gestational-age neonate at 36 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* [Internet]. 2022 [citado 25 de abril de 2025];60(5):612-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36056735/>
 37. Malta MB, De Barros Gomes C, Barros AJD, Baraldi LG, Takito MY, Benício MHDA, et al. Effectiveness of an intervention focusing on diet and walking during pregnancy in the primary health care service. *Cad Saude Publica* [Internet]. 2021 [citado 25 de abril de 2025];37(5). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34037070/>
 38. Christie HE, Chang CR, Jardine IR, Francois ME. Three short postmeal walks as an alternate therapy to continuous walking for women with gestational diabetes. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2022 [citado 27 de abril de 2025];47(10):1031-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35985050/>

ANEXOS

Búsqueda completa de resultados: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1A-xicjyqK-nOOQMgzhgnNKP2yH3ugGlBeNxx9Xat_Qg/edit?usp=sharing

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

María José García Coofre portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0751024605**, y **Stefany Karelis Mereci Pinza** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0706069358**. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del Proyecto de Titulación **"Eficacia de los gemelos digitales en el seguimiento y prevención de complicaciones en el embarazo frente a los modelos tradicionales de consultas subsecuentes: revisión sistemática"** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizamos además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de julio de 2025.

F:

María José García Coofre

C.I. 0751024605

F:

Stefany Karelis Mereci Pinza

C.I. 0706069358