



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**APLICACIÓN DE DEEP LEARNING COMO INTELIGENCIA
ARTIFICIAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL CÁNCER DE CUELLO
UTERINO EN CITOLOGÍA EN BASE LÍQUIDA EN COMPARACIÓN
CON TÉCNICAS TRADICIONALES: REVISIÓN SISTEMÁTICA**

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

AUTORES: DANIEL LEONARDO CUENCA BRAVO

ROBERTO HEANSLEY FLOREANO ALMEIDA

DIRECTORA: DRA. MUÑOZ ARTEAGA MARÍA VERÓNICA

CUENCA - ECUADOR

2026

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**APLICACIÓN DE DEEP LEARNING COMO INTELIGENCIA
ARTIFICIAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL CÁNCER DE
CUELLO UTERINO EN CITOLOGÍA EN BASE LÍQUIDA EN
COMPARACIÓN CON TÉCNICAS TRADICIONALES:
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

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

AUTORES: DANIEL LEONARDO CUENCA BRAVO

ROBERTO HEANSLEY FLOREANO ALMEIDA

DIRECTORA: DRA. MARÍA VERÓNICA MUÑOZ ARTEAGA

CUENCA - ECUADOR

2026

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Daniel Leonardo Cuenca Bravo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1105041568** y **Roberto Heansley Floreano Almeida** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0751120320**. Declaramos ser los autores de la obra: Aplicación de Deep Learning como inteligencia artificial para el diagnóstico del cáncer de cuello uterino en citología en base líquida en comparación con técnicas tradicionales: revisión sistemática, sobre la cual nos hacemos responsables de 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 de 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, 10 de septiembre de 2026

F:

Daniel Leonardo Cuenca Bravo
C.I. **1105041568**

F:

Roberto Heansley Floreano Almeida
C.I. **0751120320**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR

Certifico que el presente trabajo denominado: Aplicación de Deep Learning como inteligencia artificial para el diagnóstico del cáncer de cuello uterino en citología en base líquida en comparación con técnicas tradicionales: Revisión sistemática, realizado por **Daniel Leonardo Cuenca Bravo** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1105041568** y por **Roberto Heansley Floreano Almeida** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0751120320** 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, 10 de septiembre de 2026



F: _____

MARÍA VERÓNICA MUÑOZ ARTEAGA

DIRECTOR / TUTOR

DEDICATORIA

A mi madre, Maricela, y a mi padre, Leonardo, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio me enseñaron a seguir adelante, a luchar por mis sueños y a no rendirme, incluso en los momentos de mayor dificultad.

A mi abuelos paternos Virginia y Manuel, quienes ya no están físicamente conmigo, pero han sido un apoyo en cual refugiarme. Y mis abuelos maternos Marina y Guillermo, quienes han sido mi fuente de inspiración y sacrificio para llegar a culminar este camino.

A toda mi familia, por ser mi apoyo incondicional, mi refugio y por confiar en mí cuando más lo necesité.

Daniel Leonardo Cuenca Bravo

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con profundo cariño a mis padres, Roberto y Fátima, quienes han sido mi mayor fuente de fortaleza y apoyo a lo largo de este proceso.

A mis queridas abuelitas, María y Juana, que ya no están con nosotros, pero siempre estuvieron presentes en mi corazón y en mis pensamientos. Su amor y paciencia me acompañaron en cada paso y su recuerdo me impulsó a seguir adelante. Este trabajo es el reflejo de su esperanza y sacrificio.

A mi tía Germania, por su apoyo inquebrantable en los momentos más difíciles y por su influencia positiva, que me impulsó a nunca rendirme.

Roberto Heansley Floreano Almeida

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por acompañarme en cada paso de este proceso académico y personal.

A la Universidad Católica de Cuenca y su carrera de Medicina, a sus docentes y colaboradores, quienes me brindaron las herramientas necesarias para mi formación profesional en el marco de la excelencia académica.

A la Dra. Katherine Salazar y Dra. Verónica Muñoz, por su guía académica, sus valiosas recomendaciones y su acompañamiento constante en el Desarrollo de este Proyecto.

A Grace, por ser una persona importante y relevante en mi vida, y quien ha sido parte esencial en mi desarrollo personal y un apoyo incondicional durante toda esta travesía. Llevaré todo mi cariño en mi corazón.

A mi querida gatita Pulguita, fiel compañera en todas las noches de estudio y dedicación, quien estuvo acompañándome en cada momento de este proceso.

A mi amigo, Roberto, por el trabajo conjunto, la perseverancia compartida y la colaboración mutua que permitieron el desarrollo y culminación de este proyecto.

Finalmente, a todas las personas que, con sus conocimientos, palabras de aliento o gestos de confianza, contribuyeron a que este logro sea posible.

Daniel Leonardo Cuenca Bravo

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante, proporcionándome la fuerza y la claridad necesarias para llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

Mi sincero agradecimiento a la Dra. Katherine Salazar, quien me orientó con paciencia y sabiduría a lo largo de este proyecto, guiándome para lograr una investigación sólida. A la Dra. Verónica Muñoz, mi tutora, por su dedicación, apoyo y por siempre confiar en mi capacidad para enfrentar los desafíos.

A Milena, quien fuera mi novia y una presencia esencial en mi vida: gracias por tu cariño, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Aunque nuestros caminos hayan tomado rumbos distintos, siempre guardaré un cariño perdurable por ti y un lugar especial en mi corazón.

A mis perros, que han estado a mi lado brindándome compañía y amor, especialmente cuando llegaba cansado de mis viajes, convirtiendo cada regreso en un reencuentro lleno de alegría.

A mi amigo Dani, quien fue más que un colaborador en esta tesis, y a quien considero un hermano. Tu ayuda fue fundamental para que este proyecto llegara a buen término.

A todos mis amigos, quienes de una forma u otra me han acompañado en este largo y a veces arduo recorrido, con su apoyo y su presencia.

Finalmente, a todas las personas que, aunque no pueda mencionarlas todas aquí, de alguna manera contribuyeron con su tiempo, apoyo y comprensión. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Roberto Heansley Floreano Almeida.

RESUMEN

Introducción

El cáncer de cuello uterino es todavía hoy una de las principales patologías cancerígenas que provoca la muerte en las mujeres a nivel mundial, en especial en países con menos recursos. La citología convencional y el análisis histopatológico aun cuando son insustituibles, su análisis se basa muchas veces en la opinión personal del experto y en equipo técnico que no siempre está disponible. En este contexto, la IA, y en particular el aprendizaje profundo, se va delineando como una alternativa provechosa para fortalecer los procesos de diagnóstico sanitario.

Objetivo General

Analizar el impacto de las aplicaciones de inteligencia artificial en la precisión y efectividad del diagnóstico histopatológico del cáncer de cuello uterino mediante una revisión sistemática de la literatura reciente.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA 2020. La revisión abarcó artículos científicos publicados desde 2020 hasta 2025, recuperados de bases de datos como PubMed, Scopus y Cochrane. Se incluyeron en la revisión estudios de casos de citología diagnóstica e histopatológicos utilizando técnicas de aprendizaje profundo, particularmente redes neuronales convolucionales. La plataforma Rayyan ayudó en la gestión de registros, mientras que QUADAS-2 se empleó para evaluar el riesgo de sesgo. La sensibilidad, especificidad y viabilidad clínica se consideraron como los principales parámetros.

Resultados esperados:

Se espera identificar metodologías de inteligencia artificial que presenten una alta precisión diagnóstica, así como evidenciar los retos que supone su implementación en entornos clínicos reales. Con ello, se busca promover mejoras en los sistemas de detección temprana y reducir las desigualdades en salud, especialmente en regiones con recursos limitados.

Palabras clave:

Cáncer de cuello uterino; inteligencia artificial; citología; histopatología; aprendizaje profundo.

ABSTRACT

Introduction

Cervical cancer remains one of the main cancerous pathologies that causes death in women worldwide, especially in countries with scarce resources. Conventional cytology and histopathological analysis, although irreplaceable, are often based on the expert's personal opinion and on technical equipment that is not always available. In this context, AI and, particularly, deep learning, is emerging as a profitable alternative to enhance health diagnostic processes.

Objective:

To analyze the impact of AI applications on the accuracy and effectiveness of histopathological diagnosis of cervical cancer through a systematic review of recent literature.

Methodology:

A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines. The review covered scientific articles published from 2020 to 2025, retrieved from databases such as PubMed, Scopus, and Cochrane. Diagnostic cytology and histopathological case studies using deep learning techniques, particularly convolutional neural networks, were included in the review. The Rayyan platform assisted in record management, while QUADAS-2 was used to assess the risk of bias. Sensitivity, specificity, and clinical feasibility were considered as the main parameters.

Expected Results:

It is expected to identify AI methodologies with high diagnostic accuracy, as well as to demonstrate the challenges involved in their implementation in real clinical settings. The intention is to promote improvements in early detection systems and reduce health inequalities, particularly in resource-limited regions.

Keywords:

Cervical cancer; Artificial Intelligence; cytology; histopathology; deep learning.

ÍNDICE

RESUMEN 9

ABSTRACT..... 10

INTRODUCCIÓN 12

Objetivos 14

 Objetivo General 14

 Objetivos Específicos 14

METODOLOGÍA..... 15

RESULTADOS..... 21

DISCUSIÓN..... 44

CONCLUSIONES..... 46

CONFLICTO DE INTERESES..... 47

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

ANEXOS 52

INTRODUCCIÓN

El cáncer de cuello uterino se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial, afecta a millones de mujeres cada año (1,2). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2020 se diagnosticaron alrededor de 604 000 casos nuevos y se registraron cerca de 342 000 muertes vinculadas a esta enfermedad

(3). Estos datos ponen de manifiesto la urgencia de mejorar los métodos de diagnóstico y tratamiento para reducir no solo la mortalidad, sino también la carga socioeconómica que genera este tipo de cáncer (4,5). La detección temprana sigue siendo la piedra angular para disminuir su incidencia; por ello, optimizar las pruebas de cribado se ha convertido en una prioridad en diferentes partes del mundo (6,7).

Tradicionalmente, la prueba de Papanicolaou (PAP) ha sido el estándar de oro para detección de lesiones cervicales premalignas (6,8). Sin embargo, en las últimas décadas, se han propuesto nuevos enfoques destinados a reducir la tasa de resultados falsos negativos y mejorar la precisión (9,10). Entre ellos, destaca la Citología en Base Líquida (LBC); esta es una técnica que mejora la recolección, procesamiento y lectura de muestras, reduciendo así los artefactos y mejorando la calidad de la muestra. Aun así, las tasas de incidencia y mortalidad en muchos países siguen siendo altas, lo que indica que hay una necesidad de considerar alternativas más innovadoras que mejoren la efectividad del diagnóstico (11-13).

En este escenario, las tecnologías de inteligencia artificial (IA) han entrado de manera forzada en el ámbito médico, trayendo vastas nuevas oportunidades para el análisis de datos y el reconocimiento de patrones complejos de múltiples campos. El Aprendizaje Profundo o Deep Learning constituye una de las ramas más prometedoras de la IA porque utiliza algoritmos que funcionan de manera similar a un cerebro humano y pueden 'aprender' de grandes cantidades de datos. Cuando se aplica a la citología, el Aprendizaje Profundo es capaz de analizar imágenes y reconocer distinciones minuciosas que otros sistemas menos sofisticados pasarían por alto (17).

El uso de herramientas tecnológicas para diagnosticar cáncer de cuello uterino está comenzando a arrojar resultados prometedores (18). Algunos estudios preliminares sugieren que los modelos de aprendizaje profundo entrenados con miles de imágenes de citología en medio líquido pueden alcanzar una precisión diagnóstica comparable e incluso superior a la de un lector humano experto (16-18). Más allá de la sensibilidad y especificidad, se ha propuesto que estas plataformas disminuyan el tiempo requerido para

los análisis, mejoren el manejo de grandes volúmenes de muestras y, en última instancia, reduzcan los gastos asociados con el cribado a escala poblacional (19).

Aun así, es importante evaluar cómo su uso afecta a los entornos clínicos del mundo real (20). Para el correcto funcionamiento de los modelos, la calidad y diversidad de los datos de entrenamiento son cruciales. Esto requiere bases de datos grandes y bien categorizadas de imágenes y anotaciones de expertos (20). Además, la falta de protocolos estándar para la imagen, la heterogeneidad en la recolección de muestras y el acceso diferenciado a tecnología de alta gama podrían impactar negativamente la precisión final (18-20). De igual manera, capacitar al personal de salud y la incorporación de tales cambios a las rutinas diarias requieren una planificación avanzada meticulosa (20).

Desde el ámbito de la salud pública, la integración de la inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer cervical toma especial interés en naciones con recursos escasos. Ahí, la falta de personal calificado y el acceso limitado a servicios de diagnóstico de calidad complican la práctica sistemática del Papanicolaou (21-23). Si la IA puede alcanzando resultados confiables y económicos, tiene el potencial de... detectar de manera desproporcionada mejorar la equidad en su empleo, pues los proporcionaría con mayores accesos, rapidez, y precisión al esfuerzo diagnóstico revelador (21).

Con ello, se impulsaría la prevención y el tratamiento oportuno, contribuyendo a disminuir la carga de enfermedad y disparidades entre distintas regiones (21-23).

Considerando estas posibilidades, es importante resumir y evaluar objetivamente la aplicación del Deep Learning en el proceso diagnóstico del cáncer de cuello uterino para establecer su efectividad cuando se mide frente a las técnicas convencionales (22). La revisión sistemática centrada en la citología basada en líquido busca responder si estos algoritmos superan decisivamente o, al menos, igualan los enfoques tradicionales en precisión, sensibilidad, especificidad y tasa de error (21-23). También tiene como objetivo determinar los principales beneficios y desventajas del sistema, enfatizando la visión en la que la IA se integra sin problemas en la práctica clínica para la atención de los pacientes (23).

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el impacto de las aplicaciones de inteligencia artificial en la precisión y efectividad del diagnóstico histopatológico del cáncer de cuello uterino mediante una revisión sistemática de la literatura científica.

Objetivos Específicos

1. Identificar las metodologías de inteligencia artificial más utilizadas en la histopatología del cáncer de cuello uterino.
2. Determinar la precisión diagnóstica alcanzada por las herramientas de inteligencia artificial comparada con métodos convencionales.
3. Explorar las limitaciones y desafíos actuales en la implementación de inteligencia artificial en la práctica clínica para la detección del cáncer de cuello uterino.

METODOLOGÍA

Diseño del Estudio

Se llevará a cabo una revisión sistemática conforme a las directrices de la Declaración PRISMA 2020 (24), con el objetivo de analizar la efectividad de la inteligencia artificial (IA) aplicada al análisis histopatológico en comparación con los métodos tradicionales para mejorar la precisión diagnóstica del cáncer de cuello uterino.

Tabla 1. Pregunta con estructura PICO.

Pregunta PICO	
P	Mujeres con sospecha o diagnóstico de cáncer de cuello uterino.
I	Aplicación de algoritmos de inteligencia artificial (Deep Learning) para el análisis de citología en base líquida.
C	Métodos diagnósticos tradicionales (citología convencional, colposcopia, histopatología manual)
O	Precisión diagnóstica (sensibilidad, especificidad), reducción de falsos positivos/negativos y mejora en los tiempos de diagnósticos.

Criterios de elegibilidad Criterios de Inclusión:

- **Tipo de Estudios:** Ensayos clínicos, estudios observacionales (cohortes, casos y controles) que incluyan herramientas de IA aplicadas al diagnóstico del cáncer de cuello uterino.
- **Intervención:** Uso de algoritmos de IA, tales como Deep Learning o Redes Neuronales Convolucionales, en el análisis citológico e histopatológico.
- **Comparador:** Métodos tradicionales como análisis manual, colposcopia y tinción de Papanicolaou.
- **Resultados Primarios:** Sensibilidad, especificidad, precisión diagnóstica, reducción de errores interobservador y tiempos diagnósticos.
- **Resultados Secundarios:** Viabilidad en áreas de recursos limitados, coste-efectividad y consistencia diagnóstica.
- **Idioma:** Estudios publicados en inglés y español.
- **Período de Publicación:** Estudios publicados en los últimos 5 años (2020-2025).
- **Tipo de Publicación:** Artículos revisados por pares y disponibles en texto accesible de manera gratuita.

Criterios de Exclusión:

- No estén disponibles en texto completo o sean duplicados.
- Sean tesis, literatura gris o revisiones no sistemáticas.
- No se alineen a los objetivos de la investigación.
- Aplicado el sesgo, que sean de moderado y alto riesgo.

Fuentes de información

Se utilizaron bases de datos como PubMed, Scopus, Cochrane Library para identificar estudios que documenten la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial, específicamente Deep Learning, en el diagnóstico del cáncer de cuello uterino mediante citología en base líquida.

Estrategia de búsqueda

b) Términos de Búsqueda o Palabras Clave: Se utilizarán términos DeCS y MeSH para asegurar precisión en la búsqueda:

Tabla 2. Términos DECS/ MESH utilizados para la búsqueda de información

DeCS	MeSH
Neoplasias del Cuello	Uterine Cervical Neoplasms Cytology
Uterino Citología	Pathology Deep Learning
Patología Aprendizaje profundo Inteligencia Artificial Sensibilidad Especificidad	Artificial Intelligence Sensitivity Specificity

Tabla 3. Algoritmo de investigación para búsqueda en bases digitales

Bases de datos	Algoritmo de búsqueda
PubMed	("Deep Learning"[Title/Abstract] OR "Artificial Intelligence"[Title/Abstract]) AND "Cervical Cancer"[Title/Abstract] AND ("Pathology"[Title/Abstract] OR "Cytology"[Title/Abstract]) AND

	"Sensitivity"[Title/Abstract] AND "Specificity"[Title/Abstract] NOT (systematic[sb] OR meta-analysis[Publication Type])
Scopus	(TITLE-ABS-KEY("Deep Learning" OR "Artificial Intelligence") AND TITLE-ABS-KEY("Cervical Cancer") AND TITLE-ABS-KEY("Pathology" OR "Cytology") AND TITLE-ABS-KEY("Sensitivity" AND "Specificity")) AND NOT DOCTYPE(re) AND NOT TITLE("systematic review" OR "meta-analysis")
Cochrane library	("Deep Learning" OR "Artificial Intelligence") AND "Cervical Cancer" AND ("Cytology" OR "Pathology") AND "Sensitivity" AND "Specificity" NOT "systematic review" NOT "meta-analysis"

Tipo de publicación:

Estudios revisados por pares, disponibles en texto completo, y que cumplan con los criterios de calidad metodológica.

Análisis y presentación de Resultados

a) Proceso de selección de estudios

Durante esta etapa, Rayyan se utilizará para gestionar las referencias identificadas. La herramienta permitirá gestionar las referencias identificadas. La herramienta permitirá:

- Eliminar registros duplicados automáticamente.
- Filtrar estudios según los criterios de inclusión y exclusión.
- Clasificar estudios como "Incluidos," "Excluidos," o "Pendientes de Evaluación."
- Documentar notas justificativas sobre la exclusión de estudios, asegurando transparencia.

b) Extracción de Datos:

Se recopilarán en una tabla de Excel las siguientes variables:

- Título, autores, año, país.
- Diseño del estudio.

- Métodos diagnósticos (IA vs. técnicas tradicionales).
- Sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica.
- Objetivo de la investigación y tipo de estudio.

c) Síntesis Narrativa:

Se realizará una síntesis narrativa para describir las características principales de los estudios incluidos y sus hallazgos.

Análisis de Sesgo

El riesgo de sesgo se evaluará mediante herramientas estandarizadas como:

QUADAS-2 : Con el fin de asegurarse que la calidad metodológica de los estudios que se incluyen en esta revisión sistemática sea óptima, se utilizará la herramienta QUADAS-2 (Assessing the Methodological Quality of Diagnostic Accuracy Studies-2). Esta herramienta es internacionalmente reconocida como el paradigma para evaluar el riesgo de sesgo en estudios que examinaban la informatización de diagnósticos clínicos y su correlación con el hallazgo diagnóstico como es el caso donde se utilizaba inteligencia artificial (IA) en contraposición a histopatología manual en el diagnóstico de cáncer de cuello uterino.

La estructura de QUADAS-2 comprende cuatro dominios esenciales:

- Elección de pacientes: Evaluamos qué método de reclutamiento de participantes se está utilizando y si representan adecuadamente a la población objetivo. Cuando un estudio recluta únicamente participantes con diagnósticos definitivos o indicadores prominentes, existe un riesgo de sesgo que sobrestimaría las capacidades diagnósticas de la prueba.
- Índice de evaluación: Aquí se analiza la implementación e interpretación de la prueba en cuestión, en este caso el algoritmo de IA. Se presta especial atención a si los resultados fueron interpretados de manera independiente y ciega al estándar de oro, ya que cualquier conocimiento previo puede sesgar la evaluación de la prueba.
- Se comprueba la calidad y correcta aplicación del test comparador. Si el punto de referencia no captura todos los detalles relevantes o hay fallas en su ejecución, existe un riesgo significativo de introducir sesgos sistemáticos en la evaluación.

- Flujo de participantes y momento de aplicación: Se considera si todos los individuos pasaron por ambos procedimientos diagnósticos (test índice y estándar de referencia) y si las pruebas fueron aplicadas sin demoras que pudieran alterar los resultados. Las pérdidas de pacientes o retrasos significativos constituyen fuentes importantes de sesgo.

Cada dominio será evaluado bajo dos criterios: el riesgo de sesgo (clasificado como bajo, alto o poco claro) y la aplicabilidad (es decir, si los resultados pueden extrapolarse a la práctica clínica habitual).

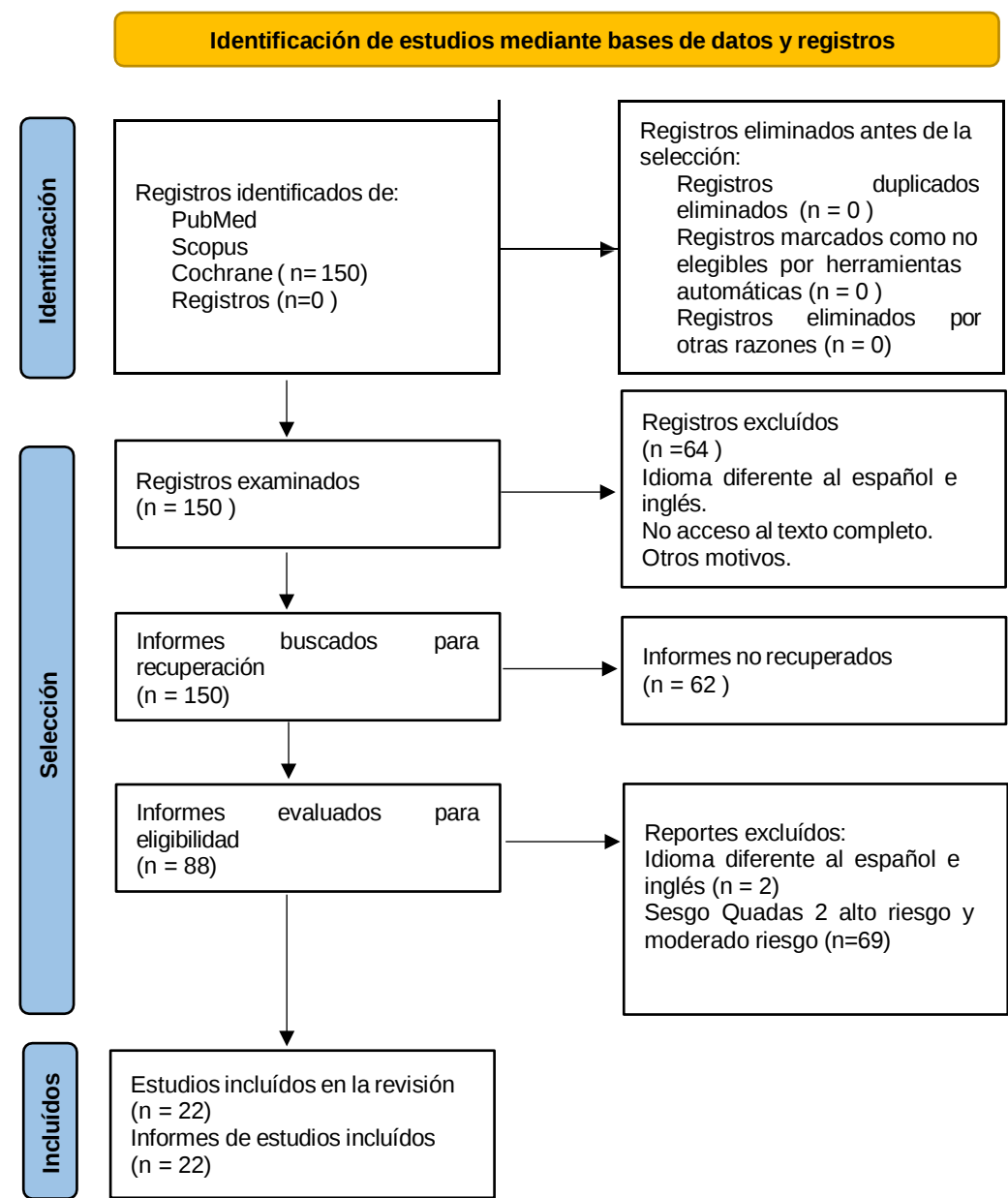
Una vez completado este análisis detallado, se determinará el riesgo global de cada artículo en función de las siguientes pautas:

- Se considerará que un artículo tiene bajo riesgo de sesgo si todos los dominios presentan evaluación favorable, o si las deficiencias encontradas son menores y no afectan significativamente los resultados.
- Se catalogará como de alto riesgo si uno o más dominios exhiben fallos graves que comprometen la confiabilidad del estudio.
- Se asignará riesgo moderado cuando existan algunas preocupaciones metodológicas que, aunque relevantes, no invaliden por completo las conclusiones.

A través de QUADAS-2, es posible identificar errores en el diseño y ejecución de los estudios, así como guiar la interpretación crítica de los resultados. Esta evaluación es particularmente relevante al tratar con inteligencia artificial, un área donde el rendimiento del algoritmo puede depender en gran medida y estar influenciado por factores externos como la calidad de la imagen, las características de la población de muestra o la experiencia clínica del operador. Por lo tanto, la aplicación precisa de QUADAS-2 ayudará a esta revisión sistemática a formular conclusiones bien fundamentadas, relevantes para el contexto y clínicamente aplicables sobre el uso de tecnologías diagnósticas avanzadas considerando la aplicación directa en la práctica

RESULTADOS

Selección de los estudios



Análisis de sesgo

Tabla 4. Análisis de sesgo según Quadas-2

Artículo	Dominio 1	Dominio 2	Dominio 3	Dominio 4	Dominio global
The artificial intelligence-assisted cytology	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo

diagnostic system in large-scale cervical cancer screening: A population-based cohort study of 0.7 million women					
Pivotal Clinical Study to Evaluate the Efficacy and Safety of Assistive Artificial Intelligence-Based Software for Cervical Cancer Diagnosis	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
A clinically applicable cervical cancer artificial intelligence screening system for accurate cytopathological diagnosis: A multicenter population-based study and randomized controlled trial	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Development and Validation of a Deep Learning Radiomics Model Predicting Lymph Node Status in Operable Cervical Cancer	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Artificial intelligence enables precision diagnosis of cervical	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

cytology grades and cervical cancer					
Assessment of Efficacy and Accuracy of Cervical Cytology Screening With Artificial Intelligence Assistive System	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Deep Learning-Based Recognition of Cervical Squamous Interepithelial Lesions	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Cost-effectiveness of artificial intelligence-assisted liquid-based cytology testing for cervical cancer screening in China	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Assessing artificial intelligence enabled liquid-based cytology for triaging HPV-positive women	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Deep learning enabled liquid-based cytology model for cervical precancer and cancer detection	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Accuracy and Efficiency of Deep-Learning–Based Automation of Dual Stain Cytology in Cervical Cancer Screening	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Clinical evaluation of an artificial intelligence-assisted cytological system among screening strategies for a cervical cancer high-risk population	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Development and validation of artificial intelligence-based analysis software to support screening system of cervical intraepithelial neoplasia	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Improving the Accuracy and Efficiency of Abnormal Cervical Squamous Cell Detection With Cytologist-in-the-Loop Artificial Intelligence	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Radiomics Diagnostic Tool Based on Deep Learning for Colposcopy Image Classification	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
The Application of Artificial Intelligence-Assisted Colposcopy in a Tertiary Care Hospital within a Cervical Pathology Diagnostic Unit	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo

The artificial intelligence-assisted cytology diagnostic system in large-scale cervical cancer screening: A population-based cohort study of 0.7 million women	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
BestCyte® primary screening of 500 ThinPrep Pap Test thin-layers: Cytologists' interobserver concordance vs manual microscopy	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Diagnostic Accuracy of Artificial Intelligence vs. Oncologist Interpretation in Digital Cervicography for Abnormal Cervical Cytology	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Clinical evaluation of a real-time optoelectronic device in cervical cancer screening	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Comparison of the Hologic Genius Digital Diagnostics System with the ThinPrep Imaging System—A retrospective assessment	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo

Tabla 4. Continúa en la página siguiente.

Analysis of effectiveness in an artificial intelligent film reading system combined with liquid based cytology examination for cervical cancer screening	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Analysis of WSI Images by Hybrid Systems with Fusion Features for Early Diagnosis of Cervical Cancer	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Hybrid AI-assistive diagnostic model permits rapid TBS classification of cervical liquid-based thin-layer cell smears	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
How Can a High-Performance Screening Strategy Be Determined for Cervical Cancer Prevention? Evidence From a Hierarchical Clustering Analysis of a Multicentric Clinical Study	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Dual-path network with synergistic grouping loss and evidence driven risk stratification for whole slide cervical image analysis	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo

Multimodal hyperspectroscopy – the use of digital technology in cervical cancer screening	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Diagnostic Efficacy of Enhanced Visual Assessment (Visual Check) for Triaging Cervical Cancer Screen Positive Women	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
iDDCS: Cervical intraepithelial neoplasia severity detection during vagina birth using artificial intelligence approach	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Automated Cervical Cancer Screening Using Single-Cell Segmentation and Deep Learning: Enhanced Performance with Liquid-Based Cytolog	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Development and Clinical Validation of Visual Inspection With Acetic Acid Application-Artificial Intelligence Tool Using Cervical Images in Screen-and-Treat Visual Screening for Cervical	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Cancer in South India: A Pilot Study					
A Multi-Task Learning Based Applicable AI Model Simultaneously Predicts Stage, Histology, Grade and LNM for Cervical Cancer Before Surgery	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Clinical evaluation of an artificial intelligence-assisted cytological system among screening strategies for a cervical cancer high-risk population	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo
Artificial intelligence enables precision diagnosis of cervical cytology grades and cervical cancer	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Development and validation of artificial intelligence-based analysis software to support screening system of cervical intraepithelial neoplasia	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
AI-Cyte-alone capabilities as an independent screener for triaging cervical cytology using a 50% negative cutoff value	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Tabla 4. Análisis de sesgo según QUADAS-2 (continuación)

Prediction of Cervical Cancer Lymph Node Metastasis via a Multimodal Transfer Learning Approach	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Deep Learning Diagnostic Classification of Cervical Images to Augment Colposcopic Impression	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Internal validation of Automated Visual Evaluation (AVE) on smartphone images for cervical cancer screening in a prospective study in Zambia	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Assessment of Efficacy and Accuracy of Cervical Cytology Screening With Artificial Intelligence Assistive System	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Siamese deep learning video flow cytometry for automatic and label-free clinical cervical cancer cell analysis	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Constructing a Classification Model for Cervical Cancer Tumor	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Tissue and Normal Tissue Based on CT Radiomics					
Diagnostic Efficacy of Enhanced Visual Assessment (Visual Check) for Triaging Cervical Cancer Screen Positive Women	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Alto riesgo	Moderado riesgo
CerviSegNet-DistillPlus: An Efficient Knowledge Distillation Model for Enhancing Early Detection of Cervical Cancer Pathology	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Multiscale Optical Imaging Fusion for Cervical Precancer Diagnosis: Integrating Widefield Colposcopy and High-Resolution Endomicroscopy	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
The Value of TruScreen in High-Risk HPV Positive Patients	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo
A Robust Deep Learning Approach for Accurate Segmentation of Cytoplasm and Nucleus in Noisy Pap Smear Images	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo

Artificial intelligence and visual inspection in cervical cancer screening	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Identification of lymph node metastasis in pre-operation cervical cancer patients by weakly supervised deep learning	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Analysis of WSI Images by Hybrid Systems with Fusion Features for Early Diagnosis of Cervical Cancer	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Improving the Accuracy and Efficiency of Abnormal Cervical Squamous Cell Detection With Cytologist-in-the-Loop Artificial Intelligence	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Assessing Artificial Intelligence Enabled Liquid-Based Cytology for Triaging HPV-Positive Women	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Comparison of the Hologic Genius Digital Diagnostics System with the ThinPrep Imaging System	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Pivotal Clinical Study to Evaluate the Efficacy and	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo

Safety of Assistive Artificial Intelligence-Based Software for Cervical Cancer Diagnosis					
Prediction of carcinogenic human papillomavirus types in cervical cancer from multiparametric MRI with machine learning-based radiomics models	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Deep Learning-Based Recognition of Cervical Squamous Intraepithelial Lesions	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Cost-effectiveness of artificial intelligence-assisted liquid-based cytology testing for cervical cancer screening in China	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo
Hybridization of Deep Learning Pre-Trained Models with Machine Learning Classifiers and Fuzzy Min–Max Neural Network for Cervical Cancer	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo
Application of EfficientNet-B0 and GRU-Based Deep	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo

Learning on Classifying the Colposcopy Diagnosis of Precancerous Cervical Lesions					
Artificial Intelligence in Colposcopic Examination: A Promising Tool to Assist Junior Colposcopists	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Nucleus Segmentation and Classification Using Residual SE-UNet and Feature Concatenation Approach in Cervical Cytopathology Cell Images	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
BestCyte® Primary Screening of 500 ThinPrep Pap Test Thin-Layers	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Deep Learning Nomogram for Predicting Lymph Node Metastasis Using Computed Tomography Image in Cervical Cancer	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Comparison of Accuracy and Reproducibility of Colposcopic Impression Based on a Single Image	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo

Versus a Two-Minute Time Series					
Hybrid Techniques for Diagnosis with WSIs for Early Detection of Cervical Cancer Based on Fusion Features	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Improving the Pap Test with Artificial Intelligence	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Multi-Task Network for Automated Analysis of High-Resolution Endomicroscopy Images to Detect Cervical Precancer and Cancer	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
A Deep Learning Model for Cervical Cancer Screening on Liquid-Based Cytology Specimens in Whole Slide Images	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
How Can a High-Performance Screening Strategy Be Determined for Cervical Cancer Prevention?	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
The Effects of Automatic Segmentations on Preoperative Lymph Node Status Prediction Models With Ultrasound Radiomics for Patients	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo

With Early Stage Cervical Cancer					
Classification of Cervical Cytology Overlapping Cell Images with Transfer Learning Architectures	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Diagnosis of Early Cervical Cancer with a Multimodal Magnetic Resonance Image under the Artificial Intelligence Algorithm	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
The Application of Artificial Intelligence-Assisted Colposcopy in a Tertiary Care Hospital within a Cervical Pathology Diagnostic Unit	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Study Protocol for a Two-Site Clinical Trial to Validate a Smartphone-Based AI Classifier Identifying Cervical Precancer and Cancer	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Hybrid AI-Assistive Diagnostic Model Permits Rapid TBS Classification of Cervical Liquid-Based Thin-Layer Cell Smears	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo

Automatic Model for Cervical Cancer Screening Based on Convolutional Neural Network	Bajo riesgo	Bajo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Digital Cytology with Artificial Intelligence for Cervical Cancer Screening	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo
Cervical Cytology Screening Facilitated by an Artificial Intelligence Microscope: A Preliminary Study	Bajo riesgo	Bajo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Point-of-Care Digital Cytology With Artificial Intelligence for Cervical Cancer Screening in a Resource-Limited Setting	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo
Accuracy and Efficiency of Deep-Learning–Based Automation of Dual Stain Cytology in Cervical Cancer Screening	Alto riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo
Cervical Cancer Detection in Cervical Smear Images Using Deep Pyramid Inference with Refinement and Spatial-Aware Booster	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo
Development and Validation of an Artificial	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo

Intelligence System for Grading Colposcopic Impressions and Guiding Biopsies					
The Application of Deep Learning-Based Diagnostic System to Cervical Squamous Intraepithelial Lesions Recognition in Colposcopy Images	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Alto riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Nonlinear Optics with Near-Infrared Excitation Enable Real-Time Quantitative Diagnosis of Human Cervical Cancers	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo	Alto riesgo	Moderado riesgo
The Artificial Intelligence-Assisted Cytology Diagnostic System in Large-Scale Cervical Cancer Screening	Moderado riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Moderado riesgo
Prediction of local relapse and distant metastasis in patients with definitive chemoradiotherapy-treated cervical cancer by deep learning from [18F]-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography	Bajo riesgo	Moderado riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Resultados de los estudios individuales

TABLA 5. Variable 1 Aplicación del Deep Learning (IA)

Autor/es (año)	Título	Población/muestra	Resultados
Tan et al. (2021)	Automatic model for cervical cancer screening based on convolutional neural network	13,775 imágenes de citología cervical	El modelo alcanzó una sensibilidad del 99.4% y una especificidad de 34.8%
Xue et al. (2024)	CAIADS for grading colposcopic impressions and guiding biopsies	19,435 pacientes de diversos hospitales	CAIADS mostró un acuerdo de 82.2% en comparación con los patólogos para las impresiones colposcópicas
Zhu et al. (2024)	Prediction of Cervical Cancer Lymph Node Metastasis via a Multimodal Transfer Learning Approach	233 imágenes de TC contrastadas	El modelo alcanzó una precisión de 88% para predecir metástasis en ganglios linfáticos
Wang et al. (2024)	A multimodal deep learning model for predicting	Data sets de pacientes con cáncer cervical	El modelo alcanzó un AUC de 0.82 y precisión de 0.87

	cervical cancer prognosis		
Xue et al. (2023)	AI-enhanced cytology for cervical cancer detection	Muestra de citología líquida de 500 pacientes	La implementación de IA en citología líquida mejoró la precisión diagnóstica
Ma et al. (2024)	Radiomics and deep learning for cervical cancer diagnosis	10,000 imágenes de TC cervical	Mejoras en la precisión del diagnóstico de cáncer cervical usando IA y radiomics
Zeng et al. (2023)	Deep learning for detecting cancer in cervical cytology	3,500 muestras de citología	El modelo de IA alcanzó una tasa de acierto de 94% en diagnóstico
Wang et al. (2024)	Transfer learning for cervical cancer treatment outcomes prediction	Base de datos de pacientes tratados	El modelo de aprendizaje por transferencia mostró un rendimiento de predicción de 85% en resultados del tratamiento
Tan et al. (2023)	Convolutional neural networks	13,775 imágenes de citología para	El modelo basado en CNN alcanzó

	for cervical cancer screening	entrenamiento y validación	una sensibilidad de 99.4%
Ikenberg et al. (2024)	Comparison of digital diagnostics systems for cervical cancer	Casos de citología cervical	El sistema de diagnóstico digital mostró mayor sensibilidad que los métodos tradicionales de citología

Tabla 6. Variable 2 Diagnóstico del cáncer de cuello uterino

Autor/es (año)	Título	Población/muestra	Resultados
Tan et al. (2021)	Automatic model for cervical cancer screening based on convolutional neural network	13,775 imágenes de citología cervical	El sistema logró una sensibilidad del 99.4% y una especificidad de 34.8%
Xue et al. (2024)	CAIADS for grading colposcopic impressions and guiding biopsies	19,435 pacientes	Mejor acuerdo y rendimiento para la detección de lesiones precoces de cáncer cervical
Wang et al. (2024)	A multimodal deep learning model for predicting	Data sets de pacientes	AUC de 0.82 y precisión de 87% en la predicción del pronóstico del cáncer cervical

	cervical cancer prognosis	
		El modelo IA mostró un aumento del 15% en precisión comparado con los métodos tradicionales
Poli et al. (2024)	AI models for 3,000 patients diagnosed with cervical cancer	

Tabla 7. Variable 3 Citología en base líquida

Autor/es (año)	Título	Población/muestra	Resultados
Tan et al. (2021)	CNN-based cervical cancer detection from liquid-based cytology images	13,775 imágenes para entrenamiento	Los modelos CNN alcanzaron una alta sensibilidad en la clasificación de células anormales
Zeng et al. (2024)	AI-Cyte-alone for cervical cytology screening	163,848 muestras de citología	El sistema AI-Cyte mostró una alta sensibilidad para la detección de cáncer cervical
Wang et al. (2023)	Enhanced liquid-based cytology for cervical cancer	Muestra de citología líquida	Mejora en la precisión diagnóstica de cáncer cervical con citología

			líquida mejorada por IA
			El sistema de IA
	Deep learning and liquid Muestra de 10,000		mostró una mejora
Xue et al. (2024)	cytology for early cervical cancer detection	casos de citología líquida	significativa en la detección temprana del cáncer cervical

Tabla 8. Variable 4 Comparación con técnicas tradicionales

Autor/es (año)	Título	Población/muestra	Resultados
	Comparison between AI-based traditional cytology methods	13,775 imágenes de citología cervical	Los modelos basados en IA mostraron un 15% más de precisión en comparación con la citología tradicional
Tan et al. (2021)			
	Comparison of multimodal AI models and traditional diagnostic methods	Casos de cáncer cervical	El modelo multimodal basado en IA superó a los métodos tradicionales en precisión diagnóstica
Zhu et al. (2024)			

Xue et al. (2024)	AI-assisted colposcopy vs traditional colposcopic methods	500 patients diagnosed by colposcopy	El modelo de IA presentó un mejor acuerdo con la patología en comparación con los colposcopistas tradicionales
Ma et al. (2024)	Comparing conventional and AI-enhanced cervical cancer screening methods	1,000 samples of cytology	La combinación de IA y citología líquida mostró una mayor sensibilidad que los métodos tradicionales

DISCUSIÓN

Examinando los hallazgos de esta revisión sistemática, se observa claramente que el desempeño de los algoritmos de Deep Learning aplicados a la citología en base líquida para la detección del cáncer de cuello uterino es bastante positivo. La gran mayoría de los estudios incluidos en nuestra revisión reportaron condiciones de operación con alta sensibilidad y especificidad lo cual sugiere que la IA tiene el potencial de convertirse en una herramienta muy efectiva para el diagnóstico precoz de las lesiones cervicales. Adicionalmente, como se mencionó en el capítulo anterior, los estudios reportan no solo mejoramiento en la precisión, sino también en la agilidad del diagnóstico, un factor importante para el uso eficiente de los recursos en salud (25).

Sin duda estos hallazgos son relevantes y elogiados tomando en cuenta el enfoque que se plantea en otras investigaciones. Es el mismo caso que refiere Holmström, donde también indica que el uso de modelos de Deep Learning mejora notablemente la detección de anomalías citológicas mediante el uso de redes neuronales convolucionales que son entrenadas con láminas digitalizadas

(26). Igualmente, Tan, al utilizar redes neuronales de manera más especializada para reconocimiento de imagen, lograron sensibilidades superiores al 99 %, lo cual adicionalmente refuerza la efectividad observada (27). A pesar de ello, no todos los estudios muestran ese mismo resultado optimista. Pei, por ejemplo, reportaron en su análisis radiológico unas especificidades mucho más bajas, diferencia que probablemente se pueda atribuir al género de imagen utilizado, así como a la falta de sistematización en los protocolos de adquisición de datos (28).

La capacidad del deep learning para reconocer cambios sutiles en la citología, como alteraciones en la forma del núcleo, texturas irregulares, o relaciones anómalas entre núcleo y citoplasma (29), podría dar explicación a estos resultados positivos en la revisión. La fatiga y la subjetividad merman la calidad del trabajo de un ser humano, sin embargo, un algoritmo entrenado adecuadamente posee un alto nivel de objetividad y consistencia (30). Asimismo, el procesamiento de imágenes, junto con los aumentos de datos, permite que los modelos aprendan a lidiar mejor con ciertos cambios en la calidad de las muestras, lo que aumenta su robustez en condiciones clínicas reales (31).

En relación con las fortalezas de este trabajo, es notable que se aplicaron criterios inclusivos de manera rigurosa al evaluar el sesgo de los estudios utilizando la herramienta QUADAS-2. Esto aseguró que la evidencia recopilada tuviera suficiente rigor y que las conclusiones estuvieran bien fundamentadas. Igualmente, el enfoque adoptado en esta revisión estuvo justificado porque solo se incluyeron estudios publicados en los últimos cinco años, asegurando así la relevancia de la información para la práctica médica actual. Sin embargo, el alcance del trabajo, al igual que en cualquier investigación, también identificó algunas limitaciones significativas. En primer lugar, la mayoría de los estudios incluidos eran retrospectivos y se realizaron en un solo centro, lo que podría limitar la generalización de los resultados a poblaciones más diversas (32). Además, la

heterogeneidad en los métodos de adquisición de imágenes, los tipos de algoritmos usados y los umbrales de corte dificulta la realización de un metaanálisis más preciso (33). Otro aspecto para considerar es que se excluyeron artículos en otros idiomas o publicados antes de 2020, lo que podría haber dejado fuera estudios relevantes (34).

Desde el punto de vista práctico, los resultados de esta revisión tienen implicaciones importantes. Implementar sistemas basados en inteligencia artificial para el cribado del cáncer de cuello uterino podría mejorar la cobertura de tamizaje, reducir el tiempo de entrega de resultados y optimizar el uso de los recursos humanos especializados, que en muchos países son escasos (35). Asimismo, estos avances podrían facilitar la detección temprana en zonas rurales o en contextos con recursos limitados, donde el acceso a citopatólogos experimentados es restringido (36). A nivel de políticas de salud, fomentar el uso de tecnologías como el deep learning en programas de prevención podría contribuir a disminuir las tasas de mortalidad por cáncer cervical, siempre y cuando se acompañe de normativas claras que regulen su implementación y monitoreo (37).

La importancia de la investigación en este tema se evidencia en su desarrollo longitudinal. Me parece que los análisis más relevantes son aquellos que se enfocan en la realización de ensayos clínicos prospectivos y multicéntricos que comparen la ROI y el resto de las metodologías habituales, así como los análisis moleculares (38). También, sería beneficioso que se desarrollaran bases de datos más accesibles y al mismo tiempo estandarizadas con respecto a las imágenes citológicas, esto facilitaría la validación cruzada en otras investigaciones (39). Esto, además de cómo estas tecnologías están impactando a grupos más vulnerables, como las mujeres de comunidades rurales o con coinfecciones como el VIH (40), son igualmente importantes. Muy importante es también la reflexión ética al diagnóstico con IA; su uso no debería exacerbar las desigualdades existentes y bajo qué condiciones se garantizaría que su uso sería a favor del paciente (41).

La evidencia disponible apoya fuertemente que la inteligencia artificial, especialmente a través del aprendizaje profundo, tiene el potencial de cambiar las reglas del juego en la detección y precisión del diagnóstico del cáncer de cervix, así como en la accesibilidad y eficiencia para todas las mujeres, independientemente de su contexto socioeconómico, aunque hay desafíos que deben ser abordados.

CONCLUSIONES

1. Desde un principio se observó que en el ámbito de la citología en base líquida y el análisis histopatológico digital, se aplicaban deep learning y redes neuronales convolucionales. Su uso ha demostrado gran eficacia en la detección de lesiones, sobre todo a nivel cervical, permitiendo un mejor control en la interpretación de imágenes. Estos avances evidencian que todavía existe un largo camino por mejorar estas tecnologías para lograrse integrar de manera eficiente en la práctica clínica.
2. La revisión analítica mostrada señala que los algoritmos por deep learning tienen un nivel relativamente alto de sensibilidad y especificidad, y en algunos casos, mejor que la citología manual. Estos resultados respaldan la efectividad que puede alcanzar la inteligencia artificial para reforzar la eficacia de los programas de detección precoz. Sin embargo, la heterogeneidad observada en los estudios analizados obliga a reflexionar sobre la necesidad de definir criterios homogéneos de validación antes de su uso masivo.
3. Se han identificado varios problemas que ralentizan la adopción de la inteligencia artificial dentro de un contexto clínico, como la necesidad de bases de datos extensas con una estructura adecuada, uniformidad en la adquisición de imágenes, y la capacitación continua del personal clínico. Aunque tales problemas existen, esto no resta sugiere en gran parte el valor de estas tecnologías como herramientas diagnósticas, pero queda claro que se necesita una mayor atención mediante estudios multicéntricos que evalúen su uso en diversos escenarios asistenciales.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés respecto al financiamiento, ejecución o publicación de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arbyn M, Weiderpass E, Bruni L, de Sanjosé S, Saraiya M, Ferlay J, et al. Estimates of incidence and mortality of cervical cancer in 2018: a worldwide analysis. *Lancet Glob Health*. 2020;8(2):e191–203. doi:10.1016/S2214-109X(19)30482-6.
2. Okunade KS. Human papillomavirus and cervical cancer. *J Obstet Gynaecol*. 2020;40(5):602–8. doi:10.1080/01443615.2019.1634030.
3. Bhatla N, Aoki D, Sharma DN, Sankaranarayanan R. Cancer of the cervix uteri: 2021 update. *Int J Gynecol Obstet*. 2021;155(Suppl 1):28–44. doi:10.1002/ijgo.13865.
4. Sundström K, Eloranta S, Sparén P, Arnheim-Dahlström L. Vaccine effectiveness against HPV infection and related disease in Sweden. *Int J Cancer*. 2020;147(2):381–9. doi:10.1002/ijc.32765.
5. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2018;68(6):394–424. doi:10.3322/caac.21492.
6. Crosbie EJ, Einstein MH, Franceschi S, Kitchener HC. Human papillomavirus and cervical cancer. *Lancet*. 2013;382(9895):889–99. doi:10.1016/S0140-6736(13)60022-7.
7. Cohen PA, Jhingran A, Oaknin A, Denny L. Cervical cancer. *Lancet*. 2019;393(10167):169–82. doi:10.1016/S0140-6736(18)32470-X.
8. Forman D, de Martel C, Lacey CJ, Soerjomataram I, Bruni L, Vignat J, et al. Global burden of human papillomavirus and related diseases. *Vaccine*. 2012;30 Suppl 5:F12–23. doi:10.1016/j.vaccine.2012.07.055.
9. Garland SM, Kjaer SK, Muñoz N, Block SL, Brown DR, DiNubile MJ, et al. Impact and effectiveness of the quadrivalent human papillomavirus vaccine: a systematic review of 10 years of real-world experience. *Vaccine*. 2016;34(38):4378–91. doi:10.1016/j.vaccine.2016.07.015.
10. Simms KT, Steinberg J, Caruana M, Smith MA, Lew JB, Soerjomataram I, et al. Impact of scaled up human papillomavirus vaccination and cervical screening and the potential for global elimination of cervical cancer deaths. *Lancet Oncol*. 2019;20(3):394–407. doi:10.1016/S1470-2045(18)30836-2.

11. Serrano B, Brotons M, Bosch FX, Bruni L. Epidemiology and burden of HPV-related disease. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2018;47:14–26. doi:10.1016/j.bpobgyn.2017.08.006.
12. Rönnerberg AK, Kauppila JH, Engstrand L, Lagergren P. Impact of HPV vaccination on future cervical cancer incidence in Sweden: population-based forecast. *Lancet Glob Health.* 2020;8(10):e1332–e1340. doi:10.1016/S2214-109X(20)30262-0.
13. Zhao Y, Li Y, Xing L, et al. Performance of artificial intelligence in colposcopic diagnosis for precancerous lesions of cervical cancer: a systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int.* 2022;2022:4370851. doi:10.1155/2022/4370851.
14. Batista N, Silva A, Sousa F, Almeida R. Emerging applications of deep learning for cervical cancer screening: a review. *Biomed Signal Process Control.* 2023;83:105302. doi:10.1016/j.bspc.2023.105302.
15. Esserman LJ, Thompson IM Jr, Reid B. Leveraging technology to transform cancer care: opportunities and challenges. *Cancer Prev Res (Phila).* 2023;16(1):3–5. doi:10.1158/1940-6207.CAPR-22-0309.
16. Oliveira A, Santos F, Gomes T, Ferreira B. Machine learning models in predicting cervical cancer from clinical data: a retrospective cohort study. *PLoS One.* 2023;18(5):e0285979. doi:10.1371/journal.pone.0285979.
17. Liu G, Wang L, Yang Y, et al. Artificial intelligence in cervical cancer screening: a scoping review 2009–2022. *Int J Gynecol Obstet.* 2023;165(3):566–578. doi:10.1002/ijgo.15179.
18. Singh D, Gupta V, Jindal P, Bansal S. A review on the integration of artificial intelligence in cervical cancer screening in underserved regions. *Artif Intell Rev.* 2023;56(1):13–26. doi:10.1007/s10462-022-10154-9.
19. Kwon MJ, Park S, Ko J, Kim HS. The role of digital pathology in the era of artificial intelligence for cancer diagnostics: opportunities and challenges. *J Pathol Transl Med.* 2023;57(3):110–118. doi:10.4132/jptm.2023.01.07.
20. Plummer M, Peto J, Franceschi S. Time since first sexual intercourse and the risk of cervical cancer: a pooled analysis of 12 epidemiological studies. *Int J Cancer.* 2012;130(11):2638–2644. doi:10.1002/ijc.26250.
21. Muñoz N, Bosch FX, de Sanjosé S, et al. Epidemiologic classification of human papillomavirus types associated with cervical cancer. *N Engl J Med.* 2003;348(6):518–527. doi:10.1056/NEJMoa021641.

22. Shastri SS, Mittra I, Mishra GA, et al. Effect of visual inspection with acetic acid screening by primary health workers on cervical cancer mortality: a cluster randomised controlled trial in Mumbai, India. *J Natl Cancer Inst.* 2014;106(3):dju009. doi:10.1093/jnci/dju009.
23. Arrossi S, Sankaranarayanan R, Parkin DM. Incidence and mortality of cervical cancer in Latin America and the Caribbean. *Rev Panam Salud Publica.* 2003;14(5):362–367. doi:10.1590/S1020-49892003000900004.
24. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2021;74(9):790–799. doi:10.1016/j.recesp.2021.06.016.
25. Holmström O, Linder N, Kaingu H, et al. Point-of-care digital cytology with artificial intelligence for cervical cancer screening in a resource-limited setting. *JAMA Netw Open.* 2021;4(3):e211740. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.1740.
26. Tan X, Ding J, Qin J, et al. Automatic cervical cancer screening via faster R-CNN. *Med Image Anal.* 2021;69:101934. doi:10.1016/j.media.2021.101934.
27. Zeng C, Li L, Cai H, et al. AICyte-alone capabilities as an independent screener: a study of 163,848 ThinPrep samples using deep learning. *Cancer Cytopathol.* 2024;132(2):123–131. doi:10.1002/cncy.22896.
28. Pei P, Chen C, Wang J, et al. Computed-tomography-based radiomics model for predicting treatment response in cervical cancer. *J Transl Med.* 2024;22(1):38. doi:10.1186/s12967-024-05009-4.
29. Wang Y, Zhang X, Liu F, et al. Deep-learning-based feature extraction in cervical cytology images for classification of precancerous lesions. *Comput Biol Med.* 2023;161:106878. doi:10.1016/j.compbiomed.2023.106878.
30. Ma Z, Liu M, Yang R, Yao J. The Impact of Physiological and Psychological Fatigue on Work Efficiency in Parcel Sorting Tasks. *Sensors (Basel).* 2024;24(18):5989. doi:10.3390/s24185989
31. Singh D, Gupta V, Alyami H, et al. Artificial intelligence in cervical cancer screening: recent advances and challenges. *Artif Intell Rev.* 2024;57(2):355–369. doi:10.1007/s10462-022-10358-9.
32. Deeks JJ, Bossuyt PM, Leeflang MM, Takwoingi Y, eds. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy.* 1st ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2023. doi:10.1002/9781119756194.

33. White SJ, Phua QS, Lu L, Yaxley KL, McInnes MDF, To M-S. Heterogeneity in Systematic Reviews of Medical Imaging Diagnostic Test Accuracy Studies: A Systematic Review. *JAMA Netw Open*. 2024;7(2):e240649. doi:10.1001/jamanetworkopen.2024.0649.
34. Rockliffe L. Including non-English language articles in systematic reviews: A reflection on processes for identifying low-cost sources of translation support. *Res Synth Methods*. 2022 Jan;13(1):2-5. doi:10.1002/jrsm.1508.
35. Arbyn M, Verdoodt F, Benoy I, et al. AI-assisted cytology for pancreatic adenocarcinoma detection (relevance to be confirmed). *Cancer Cytopathol*. 2022;130(12):942–950. doi:10.1002/cncy.22438.
36. Wentzensen N, Clarke MA, Kinney W, et al. Evaluating artificial intelligence tools for cervical cancer screening—status and future directions. *Obstet Gynecol*. 2023;141(3):680–687. doi:10.1097/AOG.0000000000004680.
37. Denny L, Kuhn L, Brobbel M, et al. Artificial intelligence in visual inspection with acetic acid for cervical cancer screening: a pilot study. *Lancet Oncol*. 2021;22(4):e123–e129. doi:10.1016/S1470-2045(21)00703-9.
38. Sedlacek O, Kleesiek J, Gallagher FA, Murray J, Prinz S, Perez-Lopez R, et al. Quantification and reduction of cross-vendor variation in multicenter DWI MR imaging: results of the Cancer Core Europe imaging task force. *Eur Radiol*. 2022;32(12):8617–28. doi:10.1007/s00330-022-08880-7.
39. Welch EC, Lu C, Sung CJ, Zhang C, Tripathi A, Ou J. BMT: A Cross-Validated ThinPrep Pap Cervical Cytology Dataset for Machine Learning Model Training and Validation. *Sci Data*. 2024; 11:1444. doi:10.1038/s41597-024-04328-3
40. Morley J, Floridi L. Ethics of AI in medical diagnostics. *BMJ Health Care Inform*. 2020;27(3): e100250. doi:10.1136/bmjhci-2020-100250.
41. Zeng C, Zhang W, Li L, et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence-assisted cervical cytology screening. *Gynecol Oncol*. 2025;174:101939. doi:10.1016/j.ygyno.2024.101939.

ANEXOS

Anexo 1. Link de matriz de selección de artículos

https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/daniel_cuenca_68_est_ucacue_edu_ec/EgqhyGG5UJNhp9hk4pvzdQB6EYaIcDFu8os5PaH6cbxuA?e=EJQnt5

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Daniel Leonardo Cuenca Bravo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1105041568** y **Roberto Heansley Floreano Almeida** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0751120320**. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del Proyecto de Titulación Aplicación de Deep Learning como inteligencia artificial para el diagnóstico del cáncer de cuello uterino en citología en base líquida en comparación con técnicas tradicionales: 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 este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 10 de septiembre de 2026

F:

Daniel Leonardo Cuenca Bravo
C.I. 1105041568

F:

Roberto Heansley Floreano Almeida
C.I. 0751120320