



ROL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA REDUCCIÓN DE BIOPSIAS INNECESARIAS EN LESIONES MAMARIAS BI-RADS 4 EN IMÁGENES

ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN REDUCING UNNECESSARY BIOPSIES IN BREAST LESIONS BI-RADS 4 IN IMAGES

Magdalena Astudillo Rademacher^{a*}

Florencia Baraqui Abud^a

María Esperanza Saieg Viguera^a

Florencia Bozzo Ahumada^a

Martin Ignacio Román Mostafa^a

^aEstudiante de Medicina, Facultad de Medicina Clínica Alemana de Santiago - Universidad del Desarrollo.

Artículo recibido el 08 de marzo de 2026. Aceptado en versión corregida el 08 de julio, 2026.

DOI: 10.52611/confluencia.2026.1749

RESUMEN

Introducción: El cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en mujeres y una de las principales causas de mortalidad femenina. Su diagnóstico se realiza mediante mamografía, ecografía y resonancia magnética, sin embargo, estas técnicas presentan especificidad limitada, conduciendo a procedimientos invasivos innecesarios en una proporción significativa de casos. En este contexto, la inteligencia artificial emerge como herramienta complementaria a la interpretación radiológica. **Objetivo:** Analizar la evidencia científica actual acerca del rol de la IA en la radiología mamaria y su impacto en la reducción de biopsias innecesarias en lesiones BI-RADS 4. **Metodología:** Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, RSNA y MDPI, utilizando descriptores MeSH relacionados con cáncer de mama, radiología mamaria, IA y *deep learning*, con límite de 10 años (2015-2025). De 134 artículos identificados, se seleccionaron 21 para análisis final. **Desarrollo:** Los estudios revisados demuestran que los modelos de aprendizaje profundo mejoran el rendimiento diagnóstico en las tres modalidades principales. En mamografía, estos algoritmos identifican una proporción significativa de lesiones BI-RADS 4 como potencialmente benignas manteniendo alta sensibilidad, con potencial para reducir biopsias innecesarias. En ecografía y resonancia magnética, la integración de radiómica e inteligencia artificial mejora la especificidad diagnóstica en la diferenciación de lesiones benignas y malignas respecto a la evaluación visual convencional. **Conclusión:** La IA tiene amplio potencial para optimizar la interpretación de imágenes mamarias, contribuyendo a reducir biopsias innecesarias en lesiones BI-RADS 4 y a un diagnóstico más preciso y eficiente.

Palabras clave: Neoplasias de la mama; Inteligencia artificial; Diagnóstico por imagen; Aprendizaje profundo; Radiología.

ABSTRACT

Introduction: Breast cancer is the most common malignancy in women worldwide and a leading cause of female mortality. Diagnosis relies on imaging modalities—primarily mammography, ultrasound, and MRI—which present limited specificity, leading to unnecessary invasive procedures in a significant proportion of cases. In this context, artificial intelligence emerges as a complementary tool to radiological interpretation. **Objective:** To analyze the current scientific evidence on the application of AI in breast radiology and its impact on the reduction of unnecessary biopsies in BI-RADS 4 lesions. **Methodology:** A systematic search was conducted in PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, RSNA and MDPI using MeSH descriptors related to breast cancer, breast imaging, AI and deep learning, restricted to the last 10 years (2015-2025). Of 134 articles identified, 21 were selected for final analysis. **Discussion:** The reviewed studies demonstrate that deep learning models improve diagnostic performance across the three main imaging modalities. In mammography, these algorithms identify a significant proportion of BI-RADS 4 lesions as potentially benign while maintaining high sensitivity, with potential to reduce unnecessary biopsies. In ultrasound and MRI, the integration of radiomics and artificial intelligence significantly improves diagnostic specificity in differentiating benign from malignant lesions compared to conventional visual assessment. **Conclusion:** AI has broad potential to optimize breast image interpretation, contributing to reducing unnecessary biopsies in BI-RADS 4 lesions and enabling more accurate and efficient diagnosis.

Key words: Breast neoplasms; Artificial intelligence; Diagnostic imaging; Deep learning; Radiology.

Cómo citar:

Astudillo-Rademacher M, Baraqui-Abud F, Saieg-Viguera ME, Bozzo-Ahumada F, Román-Mostafa MI. Rol de la inteligencia artificial en la reducción de biopsias innecesarias en lesiones mamarias BI-RADS 4 en imágenes. Rev Conflu [Internet]. 2026 [citado el 31 de julio 2026];9. Disponible en: <https://doi.org/10.52611/confluencia.2026.1749>

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es actualmente la neoplasia más frecuente en mujeres a nivel mundial y una de las principales causas de mortalidad en la población femenina. Según estimaciones del Observatorio Mundial del Cáncer (GLOBOCAN), en 2022 se registraron aproximadamente 2,3 millones de nuevos casos y cerca de 670.000 muertes por cáncer de mama en todo el mundo, representando alrededor del 12% de todos los cánceres diagnosticados globalmente¹. Las proyecciones epidemiológicas sugieren que la incidencia global continuará aumentando en las próximas décadas, pudiendo superar los 3 millones de nuevos casos anuales hacia el año 2040, en parte debido al envejecimiento poblacional y a cambios en los factores de riesgo asociados al estilo de vida^{2,3}.

La alta prevalencia de esta patología se traduce en un importante impacto para el sistema de salud. En países desarrollados el cáncer de mama es una de las principales fuentes de gasto sanitario asociado al diagnóstico oncológico. Se estima que en Estados Unidos se destinan más de 8 mil millones de dólares anuales al diagnóstico de cáncer de mama, además de aproximadamente 5 mil millones de dólares en programas de tamizaje con mamografía⁴. Dentro del proceso diagnóstico, la radiología mamaria toma un rol fundamental mediante técnicas como la mamografía, la ecografía y la resonancia magnética, las cuales permiten detectar lesiones sospechosas y orientar el manejo clínico de las pacientes.

Sin embargo, uno de los principales desafíos es la limitada especificidad de los métodos de imagen. Diversos estudios han demostrado que una proporción considerable de las biopsias mamarias realizadas por hallazgos sospechosos en imágenes presentan resultados histológicos benignos. En particular, se ha estimado que entre el 70% y el 80% de las biopsias realizadas en lesiones clasificadas como BI-RADS 4 corresponden finalmente a lesiones benignas, lo que refleja la dificultad para discriminar con precisión entre lesiones benignas y malignas únicamente mediante métodos de imagen⁵. Esto genera un impacto importante en los costos sanitarios, en la ansiedad que se genera en las personas que se someten al procedimiento y en la posible morbilidad derivadas de procedimientos invasivos evitables.

En los últimos años se ha observado el gran desarrollo que han tenido los modelos de Inteligencia Artificial (IA), desde el apoyo a la ejecución de tareas básicas de la vida cotidiana hasta en la creación de modelos de alta complejidad para la toma de decisiones. En medicina este avance no se ha quedado atrás. Dentro de las distintas especialidades médicas, la radiología destaca como un campo especialmente propicio para la aplicación de estas herramientas, debido al carácter digital y analítico de las imágenes médicas. Este desarrollo se ha

producido a nivel mundial, y la presente revisión abarca evidencia de alcance global. El avance tecnológico en imagen mamaria no solo incluye la mamografía convencional, sino también la tomosíntesis (mamografía 3D) y la Mamografía Contrastada con Medio de Contraste (CESM por su sigla en inglés), modalidades que han ampliado considerablemente el rendimiento diagnóstico de la mamografía. Estas tecnologías permiten analizar grandes volúmenes de datos e identificar patrones complejos que pueden pasar inadvertidos para el observador humano, mejorando la precisión diagnóstica.

Diversos estudios han demostrado que los modelos de *Deep Learning* (DL) pueden alcanzar un rendimiento comparable al de radiólogos experimentados en la detección y clasificación de lesiones mamarias, con potencial para aumentar la especificidad diagnóstica y reducir falsos positivos^{6,7}. En este contexto, la integración de sistemas de IA en la práctica clínica podría contribuir a optimizar la estratificación del riesgo en lesiones sospechosas, apoyando la toma de decisiones de los profesionales de la salud^{5,6}.

El objetivo de la presente revisión bibliográfica es analizar la evidencia científica disponible sobre la aplicación de IA y DL en la caracterización de lesiones mamarias mediante técnicas de imagen, con especial énfasis en su capacidad para mejorar la diferenciación entre lesiones benignas y malignas y en su potencial impacto en la reducción de biopsias innecesarias, particularmente en lesiones clasificadas como BI-RADS 4. La motivación de esta revisión surge de la relevancia clínica del problema, ya que, la elevada tasa de biopsias con resultado benigno en lesiones BI-RADS 4, genera morbilidad evitable y un alto costo sanitario, lo que justifica explorar el aporte de herramientas de IA para mejorar la especificidad diagnóstica sin comprometer la sensibilidad.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática de literatura científica en repositorios académicos y bases de datos biomédicas, incluyendo Google Scholar, PubMed (NCBI), RSNA (Radiology y RadioGraphics), ScienceDirect, MDPI y StatPearls. La estrategia de búsqueda se basó en la combinación de Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) y términos libres, utilizando operadores booleanos para optimizar la identificación de estudios relevantes. Se utilizaron descriptores MeSH como “Breast Neoplasms”, “Artificial Intelligence”, “Diagnostic Imaging”, “Deep Learning” y “Diffusion Magnetic Resonance Imaging”, junto con términos libres como “breast imaging”, “benign vs malignant lesions”, “radiomics” y “BI-RADS accuracy”. Para la selección de la evidencia se aplicaron criterios de inclusión que priorizaron la vigencia temporal de los últimos 10

años, enfocándose especialmente en literatura de vanguardia publicada entre 2021 y 2025 para abordar los avances en inteligencia artificial, aunque se incluyó un texto clásico de 2005 por su valor fundamental en la diferenciación morfológica.

La tipología documental abarcó revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios observacionales y reportes de investigación original que evaluaron la integración de algoritmos de *Deep Learning* y radiómica en mamografía, ecografía y resonancia magnética. En total, se identificaron 134 artículos en las bases de datos consultadas. Tras la revisión de títulos y resúmenes, y la eliminación de duplicados, se seleccionaron 26 artículos para lectura de texto completo. Posteriormente, se excluyeron 5 estudios por no cumplir con los criterios de inclusión definidos, quedando finalmente 21 textos cuyos hallazgos fueron sintetizados y analizados críticamente según su pertinencia para los objetivos de la revisión (Figura 1).

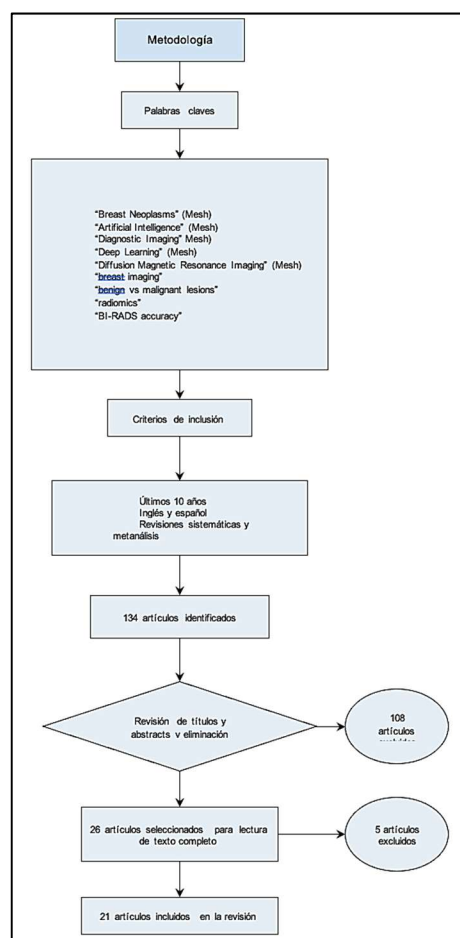


Figura 1. Flujograma de búsqueda y selección de literatura sobre inteligencia artificial en radiología mamaria. Elaboración propia.

DESARROLLO

Inteligencia artificial en mamografía

La mamografía es, sin duda, la herramienta más usada para el tamizaje. Sin embargo, su eficacia todavía se ve limitada por factores como la densidad de la mama, la variabilidad operador dependiente y la

superposición anatómica, lo que suele complicar la interpretación de las imágenes⁸. En este contexto, la Tomosíntesis Digital de Mama (DBT o mamografía 3D) y la CEM con espectro energético dual han aumentado considerablemente el rendimiento diagnóstico respecto a la mamografía convencional, especialmente en mamas densas, al permitir una mejor visualización tridimensional y caracterización de la vascularización tumoral, respectivamente. Por eso, el uso de IA ha ganado terreno al enfocarse en una caracterización morfológica más avanzada, analizando detalles sutiles en calcificaciones sospechosas que permiten separar mejor los hallazgos benignos de los malignos⁹. Además, en el caso de las mamas densas, estas herramientas son de gran ayuda para identificar lesiones que normalmente quedarían ocultas por la complejidad del tejido, mejorando así la tasa de detección⁸.

Estudios fundamentales, como el realizado por Liu et al.⁵, demuestran que los modelos de DL, manteniendo una sensibilidad del 95% para lesiones malignas, logran identificar el 33% de las lesiones BI-RADS 4 como potencialmente benignas (AUC 0,72), lo que podría evitar biopsias innecesarias en ese subgrupo. McKinney et al.⁶ reportaron, en una cohorte internacional, que un sistema de IA redujo la tasa de falsos positivos en un 5,7% y de falsos negativos en un 9,4% respecto a la lectura radiológica convencional, superando además AUC-ROC. Contar con la IA como apoyo permite elevar la especificidad del diagnóstico sin que se pierda la sensibilidad necesaria para detectar el cáncer a tiempo⁶.

Inteligencia artificial en ecografía mamaria

La ecografía mamaria es el examen complementario de elección para la mamografía, específicamente en mamas densas, pero el problema actual es que su precisión sigue siendo muy operador dependiente¹⁰. Para intentar mitigar esta variabilidad, la implementación de sistemas de IA ha ayudado a optimizar la caracterización de las lesiones mediante un análisis profundo de rasgos morfológicos, lo que permite una diferenciación más clara entre masas benignas y malignas¹¹. He et al.¹¹ reportaron, en un estudio prospectivo multicéntrico con radiólogos sin experiencia específica en ecografía mamaria, que un sistema de diagnóstico asistido por DL mejoró significativamente el rendimiento diagnóstico respecto a la lectura convencional. Consistente con esto, el metaanálisis de Oh et al.¹² sobre radiómica en imagen mamaria reportó que el análisis basado en ecografía alcanza alta precisión diagnóstica en la diferenciación de lesiones benignas y malignas. En este sentido, la evidencia actual sugiere que la integración de estos algoritmos permite reclasificar hallazgos que inicialmente parecían sospechosos hacia categorías de menor riesgo, logrando así reducir de forma importante el volumen de biopsias innecesarias^{11,13}.

IA en resonancia magnética mamaria

La Resonancia Magnética (RM) mamaria es la tecnología más sensible, mas no la más específica, porque al tener una resolución tan alta, existe una superposición de características visuales entre lesiones de distinta naturaleza¹⁴. Para mitigar esto, el uso de radiómica y DL permite la extracción automatizada de múltiples características cuantitativas relacionadas con la forma, la textura y la dinámica del contraste que son imperceptibles al ojo humano¹³. Un avance determinante en la literatura es la sinergia de la IA con la RM multiparamétrica, la cual integra datos de diversas secuencias para mejorar drásticamente el rendimiento diagnóstico frente a la evaluación visual tradicional¹³.

Wang et al.¹³ reportaron que un modelo de radiómica combinado con DL sobre RM multiparamétrica logró clasificar lesiones benignas y malignas con alto rendimiento diagnóstico. Consistente con esto, el metaanálisis de Oh et al.¹² reportó que la radiómica basada en RM alcanza alta sensibilidad y especificidad en la diferenciación de lesiones mamarias, superando el rendimiento de la evaluación visual tradicional. Esta automatización en la caracterización facilita la distinción entre tumores malignos y sus falsos positivos morfológicos, como cicatrices radiales o necrosis grasa, que frecuentemente confunden el diagnóstico¹³. Además, el análisis mediante IA de los mapas del Coeficiente de Difusión Aparente (ADC por su sigla en inglés), los cuales cuantifican de forma no invasiva la restricción del movimiento del agua causada por la alta densidad

celular en tumores malignos, proporciona una caracterización biológica esencial para la diferenciación precisa de las lesiones^{15,16}.

Impacto clínico y reducción de biopsias

Actualmente, uno de los principales problemas clínicos descritos en la radiología mamaria corresponde a la elevada proporción de biopsias con resultados benignos, especialmente en la categoría BI-RADS 4. Esta categoría presenta una subclasificación en 4A (VPP 2-10%), 4B (VPP 10-50%) y 4C (VPP 50-95%), lo que refleja un espectro de riesgo amplio que dificulta la toma de decisiones, en particular, la mayoría de las biopsias de lesiones BI-RADS 4A resultan benignas¹⁷. Ante este escenario, la evidencia sugiere que los sistemas basados en IA logran mejorar sustancialmente la estratificación del riesgo al identificar con mayor precisión las lesiones benignas dentro de estas categorías sospechosas, lo cual permite reducir biopsias innecesarias sin sacrificar la seguridad diagnóstica^{8,11}. De esta manera, el análisis cuantitativo por IA termina ofreciendo una base sólida para el manejo de hallazgos incidentales y lesiones BI-RADS 3 (hallazgos probablemente benignos) detectadas por resonancia, logrando minimizar tanto la incertidumbre del clínico como la morbilidad para la paciente¹⁸. A modo de síntesis, la Tabla 1 resume los principales estudios incluidos en esta revisión, detallando la modalidad de imagen, la herramienta de IA utilizada y los resultados obtenidos.

Tabla 1. Resumen de estudios incluidos en la revisión bibliográfica.

Estudio	Modalidad	Herramienta IA	Métrica principal	Resultado
Liu et al. (2024)	Mamografía	Deep learning	Reducción de biopsias BI-RADS 4 (sensibilidad fija 95%)	Identificó 33% de lesiones como potencialmente benignas; AUC 0,72
McKinney et al. (2020)	Mamografía	Sistema IA (CNN)	Falsos positivos y negativos vs. radiólogos	↓ 5,7% falsos positivos; ↓ 9,4% falsos negativos; AUC-ROC superior en 11,5%
He et al. (2023)	Ecografía	Deep learning (CAD)	Clasificación de lesiones por radiólogos no especialistas	Mejora significativa del rendimiento diagnóstico vs. evaluación sin IA
Wang et al. (2024)	RM multiparamétrica	Radiómica + deep learning	Clasificación benigna vs. maligna	Alto rendimiento diagnóstico, superior a evaluación visual convencional
Oh et al. (2024)	RM / Ecografía	Radiómica (meta-análisis)	Sensibilidad y especificidad en diferenciación de lesiones	Alta precisión diagnóstica en ecografía y RM; superior a evaluación visual
Hellerhoff et al. (2021)	RM	Análisis morfológico IA	Caracterización de lesiones RM-detectadas	Diferenciación de lesiones malignas y falsos positivos morfológicos
Su et al. (2025)	RM (DWI/ADC)	IA + mapas ADC	Diferenciación benigna vs. maligna por difusión	Caracterización biológica no invasiva de lesiones mamarias
Rodríguez-Ruiz et al. (2019)	Mamografía	IA autónoma (standalone)	Comparación con 101 radiólogos	Rendimiento no inferior al radiólogo promedio en detección

CONCLUSIÓN

La presente revisión bibliográfica muestra que la IA, y en particular los algoritmos de DL, han demostrado mejoras cuantificables en la precisión diagnóstica de la imagen mamaria a través de las tres modalidades principales. En mamografía, el modelo de Liu et al.⁵ logró identificar el 33% de biopsias potencialmente innecesarias en lesiones BI-RADS 4 manteniendo una sensibilidad del 95% (AUC 0,72). McKinney et al.⁶ demostraron además una reducción de falsos positivos del 5,7% y de falsos negativos del 9,4% respecto a la lectura convencional. En ecografía, He et al.¹¹ demostraron en un estudio prospectivo multicéntrico que el DL mejora la clasificación de lesiones mamarias por parte de radiólogos sin experiencia específica. En resonancia magnética multiparamétrica, Wang et al.¹² y Xie et al.¹⁴ confirman que la radiómica combinada con DL supera el rendimiento de la evaluación visual tradicional en la diferenciación de lesiones benignas y malignas. En conjunto, la evidencia revisada respalda que la integración de IA en la radiología mamaria tiene impacto clínico real y mensurable, con potencial para reducir biopsias innecesarias sin comprometer la sensibilidad diagnóstica.

Desde una perspectiva de salud pública, la incorporación de IA en programas de tamizaje optimiza recursos en una de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial. Futuras investigaciones deberían profundizar en el impacto de la IA específicamente en modalidades de mayor rendimiento diagnóstico aún poco exploradas, como la tomosíntesis (mamografía 3D) y la CESM, así como evaluar si el beneficio de las herramientas de IA es diferencial según la subclasificación BI-RADS (4A, 4B, 4C). También sería relevante desarrollar estudios de costo-efectividad de estas implementaciones en contextos de recursos limitados, particularmente en Latinoamérica. El principal desafío no será solo desarrollar mejores algoritmos, sino integrarlos de manera responsable con validación externa rigurosa y respaldo regulatorio en la práctica clínica.

Entre las limitaciones de esta revisión, se debe considerar que la búsqueda bibliográfica se restringió a publicaciones en inglés y español, lo que podría haber dejado fuera literatura relevante disponible en otros idiomas. Asimismo, la disponibilidad de acceso a textos completos de forma gratuita actuó como un filtro adicional en la selección de artículos, por lo que es posible que algunos estudios recientes publicados en revistas de alto impacto con acceso restringido no hayan sido incluidos.

A nivel de formación de pregrado, la realización de esta revisión permitió fortalecer habilidades de búsqueda, análisis crítico e interpretación de la literatura científica, contribuyendo al desarrollo de competencias fundamentales para una práctica médica basada en evidencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2024 [citado el 24 de febrero 2026];74(3):229-63. Disponible en: <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
2. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2021 [citado el 24 de febrero 2026];71(3):209-49. Disponible en: <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
3. World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. Cancer Today. Global Cancer Observatory [Internet]. Lyon: GCO; 2023 [citado el 24 de febrero 2026]. Disponible en: <https://gco.iarc.fr/today>
4. Wiesenthal J, Kaufmann D, Dolman S. Breast biopsy rates and market dynamics: how provider environment shaped diagnostic practice in 2023. *Health Aff Scholar* [Internet]. 2025 [citado el 25 de febrero 2026];3(9):qxaf171. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/haschl/qxaf171>
5. Liu C, Sun M, Arefan D, Zuley M, Sumkin J, Wu S. Deep learning of mammogram images to reduce unnecessary breast biopsies: a preliminary study. *Breast Cancer Res* [Internet]. 2024 [citado el 24 de febrero 2026];26:52. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13058-024-01830-9>
6. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, Godwin J, Antropova N, Ashrafi H, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature* [Internet]. 2020 [citado el 24 de febrero 2026];577(7788):89-94. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>
7. Rodriguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, Broeders M, Gennaro G, Clauser P, et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists. *J Natl Cancer Inst* [Internet]. 2019 [citado el 27 de febrero 2026];111(9):916-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jnci/djy222>
8. Abu Abeelh E, AbuAbeileh Z. Comparative Effectiveness of Mammography, Ultrasound, and MRI in the Detection of Breast Carcinoma in Dense Breast Tissue: A Systematic Review. *Cureus* [Internet]. 2024 [citado el 4 de marzo 2026];16(4):e59054. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.59054>
9. Lohitvisate W, Kaeorat C, Kwankua A. Mammography of suspicious calcifications among ductal carcinoma in situ and benign breast disease. *SA J Radiol* [Internet]. 2024 [citado el 4 de marzo 2026];28(1):2852. Disponible en: <https://doi.org/10.4102/sajr.v28i1.2852>
10. Ghaemian N, Haji Ghazi Tehrani N, Nabahati M. Accuracy of mammography and ultrasonography and their BI-RADS in detection of breast malignancy. *Caspian J Intern Med* [Internet]. 2021 [citado el 5 de marzo 2026];12(4):573-9. Disponible en: <https://doi.org/10.22088/cjim.12.4.573>
11. He P, Chen W, Bai MY, Li J, Wang QQ, Fan LH, et al. Deep Learning-Based Computer-Aided Diagnosis for Breast Lesion Classification on Ultrasound: A

- Prospective Multicenter Study of Radiologists Without Breast Ultrasound Expertise. *AJR Am J Roentgenol* [Internet]. 2023 [citado el 28 de febrero 2026];221(4):450-9. Disponible en: <https://doi.org/10.2214/AJR.23.29328>
12. Oh KE, Vasandani N, Anwar A. Radiomics to Differentiate Malignant and Benign Breast Lesions: A Systematic Review and Diagnostic Test Accuracy Meta-Analysis. *Cureus* [Internet]. 2024 [citado el 27 de febrero 2026];5(11):e49015. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.49015>
 13. Wang W, Li J, Wang Z, Liu Y, Yang F, Cui S. Study on the classification of benign and malignant breast lesions using a multi-sequence breast MRI fusion radiomics and deep learning model. *Eur J Radiol Open* [Internet]. 2024 [citado el 28 de febrero 2026];13:100607. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejro.2024.100607>
 14. Hellerhoff K, Dietrich H, Schinner R, Rjosk-Dendorfer D, Sztrókay-Gaul A, Reiser M, et al. Assessment of MRI-Detected Breast Lesions: A Benign Correlate on Second-Look Ultrasound Can Safely Exclude Malignancy. *Breast Care (Basel)* [Internet]. 2021 [citado el 27 de febrero 2026];16(5):435-43. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000513443>
 15. Guirguis MS, Adrada B, Santiago L, Candelaria R, Arribas E. Mimickers of breast malignancy: imaging findings, pathologic concordance and clinical management. *Insights Imaging* [Internet]. 2021 [citado el 27 de febrero 2026];12(1):53. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13244-021-00991-x>
 16. Su Y, Qiu Y, Huang X, Peng Y, Yang Z, Ding M, et al. Benign and Malignant Breast Lesions: Differentiation Using Microstructural Metrics Derived from Time-Dependent Diffusion MRI. *Radiol Imaging Cancer* [Internet]. 2025 [citado el 24 de febrero 2026];7(3):e240287. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/rycan.240287>
 17. Ghunaim HA, Alatawi RE, Borhan WM, Daqqaq TS, Alhasan AS, Aboualkheir MM, et al. Accuracy of imaging of BI-RADS 4 subcategorizations in breast lesion diagnosis: Radiologic-pathologic correlation. *Saudi Med J* [Internet]. 2024 [citado el 26 de febrero 2026];45(11):1228-37. Disponible en: <https://doi.org/10.15537/smj.2024.45.11.20240001>
 18. Nguyen DL, Myers KS, Oluyemi E, Mullen LA, Panigrahi B, Rossi J, et al. BI-RADS 3 Assessment on MRI: A Lesion-Based Review for Breast Radiologists. *J Breast Imaging* [Internet]. 2022 [citado el 24 de febrero 2026];4(5):460-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jbi/wbac032>