



Avances en imágenes diagnósticas: claves para la detección precoz de los tipos de cáncer más frecuentes en Colombia

Advances in diagnostic imaging: keys to early detection of the most common types of cancer in Colombia

Daniel Upegui^{1,2}, Aura María Pareja¹, Julián Gandur³, Oreanna Quintero³

¹Unidad Funcional Asistencial de imágenes diagnósticas y medicina nuclear, Centro de tratamiento e investigación sobre Cáncer Luis Carlos Sarmiento Angulo, Bogotá Colombia

²Grupo de Investigación GIGA, Centro de Tratamiento e Investigación sobre Cáncer Luis Carlos Sarmiento Angulo (CTIC) / Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

³Departamento de Radiología, Fundación Universitaria Sanitas, Bogotá, Colombia

Aceptado: 10 abril 2025

Publicado: 18 noviembre 2025

*Correspondencia: Daniel Upegui. dupegui@fctic.org

Resumen

El cáncer representa una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en Colombia y el mundo. La detección temprana es crucial para mejorar el pronóstico y la supervivencia de los pacientes. En este contexto, las imágenes diagnósticas han experimentado avances notables en las últimas décadas, convirtiéndose en herramientas indispensables para la detección precoz, estadificación precisa, planificación del tratamiento, evaluación de la respuesta terapéutica y seguimiento de los cinco tipos de cáncer más frecuentes en Colombia: mama, pulmón, próstata, gástrico, y colorrectal. Esta revisión aborda los avances más significativos en las diferentes modalidades de imagenología, incluyendo la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM), la tomografía por emisión de positrones (PET), la ecografía y sus variantes, así como las aplicaciones emergentes de la inteligencia artificial (IA) en el campo del radiodiagnóstico oncológico. Se discuten las implicaciones clínicas de estos avances, sus limitaciones y las perspectivas futuras en la lucha contra el cáncer en Colombia.

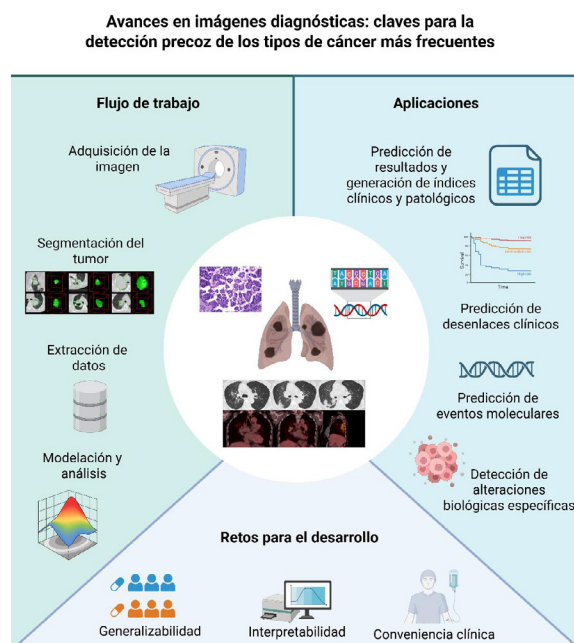
Palabras clave: Cáncer. Imágenes diagnósticas. Detección temprana. Tomografía computarizada. Resonancia magnética. PET.

Abstract

Cancer is one of the leading causes of morbidity and mortality in Colombia and worldwide. Early detection is crucial to improve the prognosis and survival of patients. In this context, diagnostic imaging has experienced remarkable advances in recent decades, becoming an indispensable tool for early detection, accurate staging, treatment planning, assessment of therapeutic response, and follow-up of the five most frequent types of cancer in Colombia: breast, lung, prostate, stomach, and colorectal. This review addresses the most significant advances in various imaging modalities, including computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET), ultrasound, and its variants, as well as the emerging applications of artificial intelligence (AI) in the field of oncologic radiodiagnosis. The clinical implications of these advances, their limitations, and future perspectives in the fight against cancer in Colombia are discussed.

Keywords: Cancer. Diagnostic imaging. Early detection. Computed tomography. Magnetic resonance imaging. PET.

Resumen gráfico



Puntos clave

- El uso tradicional de las imágenes médicas se basa en la evaluación visual y la interpretación del radiólogo mediante descriptores semánticos cualitativos. Sin embargo, la radiómica, se basa en un enfoque de análisis cuantitativo de las imágenes médicas.
- La radiómica se basa en la hipótesis de que cualquier imagen en radiología tiene información que refleja la fisiopatología subyacente y esta fisiopatología es la que da las diferentes características en imágenes que el radiólogo aprende a interpretar, por lo tanto, si podemos obtener todas las características de la imagen mediante análisis cualitativos y cuantitativos, podemos obtener toda la información de la enfermedad que estemos estudiando. El término radiómica deriva de "radio" radiología y de "Ómica" que se refiere al manejo de gran cantidad de datos que están agrupados como un todo. Ómica es un término que se originó en las disciplinas de la biología molecular para describir la caracterización detallada de moléculas biológicas como el ADN (genómica), el ARN (transcriptómica), las proteínas (proteómica) y los metabolitos (metabolómica). La radiómica se define como una técnica radiológica que utiliza algoritmos de inteligencia artificial para analizar imágenes médicas y extraer grandes cantidades de datos, obteniendo información valiosa para la detección de una patología o el comportamiento de esta, basada en sus características imagenológicas. Las imágenes médicas pasan a ser un conjunto de datos que se deben extraer y analizar de forma cuantitativa con ayuda de programas de inteligencia artificial.

- Las características radiómicas pueden reflejar la heterogeneidad temporal y espacial del tumor, basadas en la intensidad, forma, tamaño, volumen y textura, proporcionando información única sobre el fenotipo, que es un determinante clave en el comportamiento biológico del tumor. Potencialmente, la radiómica podría actuar como una "biopsia virtual" que se puede realizar en múltiples momentos de la enfermedad. Los avances en la radiómica en oncología vienen siendo liderados por la red de imagen cuantitativas (QIN). En el contexto del cáncer de pulmón, la radiómica ha mostrado ser eficaz cuando de identificar neoplasias malignas se trata, además de distinguir entre lesiones benignas y malignas, predecir el riesgo de recurrencia después de la terapia y evaluar de manera no invasiva la respuesta al tratamiento.
- Las principales limitaciones de los avances tecnológicos en la evaluación por imágenes del cáncer están relacionados con la reproducibilidad (variabilidad en los protocolos de adquisición y reconstrucción de imágenes, variabilidad en la segmentación y análisis de datos y en la variabilidad en la metodología epidemiológica de los estudios), en manejo de grandes cantidades de datos y la desconexión entre los biomarcadores y la fisiopatología subyacente que los explica.

Introducción

El cáncer es un problema de salud pública de creciente magnitud en Colombia. Según datos del Instituto Nacional de Cancerología (INC), los cinco tipos de cáncer más frecuentes en el país son, en orden de incidencia: mama, próstata, colorrectal, gástrico y pulmón¹. La carga de enfermedad asociada a estas neoplasias es considerable, tanto en términos de sufrimiento humano como de costos para el sistema de salud². La detección temprana del cáncer, idealmente en etapas preclínicas o iniciales, es un factor determinante para mejorar el pronóstico, reducir la mortalidad y aumentar las opciones de tratamiento curativo³. En este sentido, las imágenes diagnósticas juegan un papel fundamental, permitiendo la visualización de lesiones tumorales, la evaluación de su extensión y la identificación de metástasis, incluso antes de que se manifiesten los síntomas clínicos⁴. En las últimas décadas, hemos sido testigos de una verdadera revolución tecnológica en el campo de la radiología. Las modalidades de imagenología tradicionales, como la radiografía y la ecografía, se han perfeccionado, y han surgido nuevas técnicas, como la tomografía computarizada (TC) multicorte y sus variantes como el TAC espectral, la RM, la tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada (PET/CT) y la PET/RM, que ofrecen una mayor resolución espacial, contraste tisular y sensibilidad para la detección de lesiones tumorales^{4,5}. Además, la incorporación de la inteligencia

artificial (IA) radiómica, y radiogenómica está transformando la forma en que interpretamos las imágenes y extraemos información relevante para el manejo clínico de los pacientes⁶. Esta revisión tiene como objetivo proporcionar una visión actualizada y completa de los avances más relevantes en las imágenes diagnósticas aplicadas a la detección precoz y el manejo de los cinco tipos de cáncer más frecuentes en Colombia. Se describirán las técnicas de imagenología más utilizadas, sus indicaciones, ventajas y limitaciones, así como las perspectivas futuras en este campo en constante evolución.

Avances en imágenes diagnósticas por tipo de cáncer

Cáncer de pulmón

El cáncer de pulmón es la principal causa de muerte por cáncer tanto a nivel mundial como en Colombia, presenta un desafío significativo en términos de detección temprana, la cual es crucial para mejorar las tasas de supervivencia⁶. Si bien la radiografía de tórax se utiliza comúnmente como una herramienta de imagen inicial, su sensibilidad para detectar el cáncer de pulmón en etapas tempranas es considerablemente limitada en comparación con la TC⁷. Estudios han demostrado que la radiografía de tórax detecta el cáncer de pulmón en aproximadamente el 77-80% de los casos en el año previo al diagnóstico definitivo⁷, lo que subraya la necesidad

de modalidades de imagen más sensibles. La Tomografía Computarizada de Baja Dosis (TCBD) ha surgido como la herramienta principal para la detección temprana en poblaciones de alto riesgo, principalmente fumadores y exfumadores. El emblemático estudio NLST (National Lung Screening Trial) demostró de manera convincente una reducción del 20% en la mortalidad por cáncer de pulmón en individuos sometidos a cribado con TCBD⁸⁻⁹. A pesar de este beneficio significativo, la TCBD no está exenta de limitaciones, ya que existe un riesgo inherente de falsos positivos, lo que puede conducir a procedimientos invasivos innecesarios y ansiedad en el paciente⁹⁻¹⁰. El PET/CT, que combina la información metabólica proporcionada por la PET con la información anatómica detallada de la TC, desempeña un papel fundamental en la estadificación precisa del cáncer de pulmón, la evaluación de la respuesta al tratamiento y la detección temprana de recurrencias⁹⁻¹¹. Estudios han demostrado que la PET/CT puede identificar recurrencias o metástasis en el 44,3% de los casos en los que no existía sospecha clínica previa, y descartar la presencia de enfermedad en el 24,2% de

los casos en los que sí había sospecha clínica¹². La investigación actual se centra en el desarrollo de nuevos radiotrazadores más específicos para el cáncer de pulmón, con el objetivo de mejorar aún más la precisión diagnóstica de la PET/CT¹⁰⁻¹¹. Aunque la RM se utiliza con menos frecuencia que la TC y la PET/CT en la evaluación del cáncer de pulmón, la RM pulmonar ofrece la ventaja de diferenciar entre lesiones benignas y malignas sin exponer al paciente a radiación ionizante⁸. La radiómica, la radiogenómica y la Inteligencia Artificial (IA) están emergiendo como campos prometedores en la oncología pulmonar. La IA, aplicada a la radiómica y la radiogenómica está mostrando un gran potencial para mejorar la estratificación del riesgo de los pacientes, predecir la respuesta al tratamiento y personalizar el manejo clínico¹⁰. La **Figura 1** ilustra los hallazgos de un TAC de tórax de baja radiación utilizado como tamizaje para cáncer de pulmón.

Cáncer de mama

En el cáncer de mama, el tipo de cáncer más común en mujeres tanto en Colombia como a nivel mundial, la detección temprana es fundamental

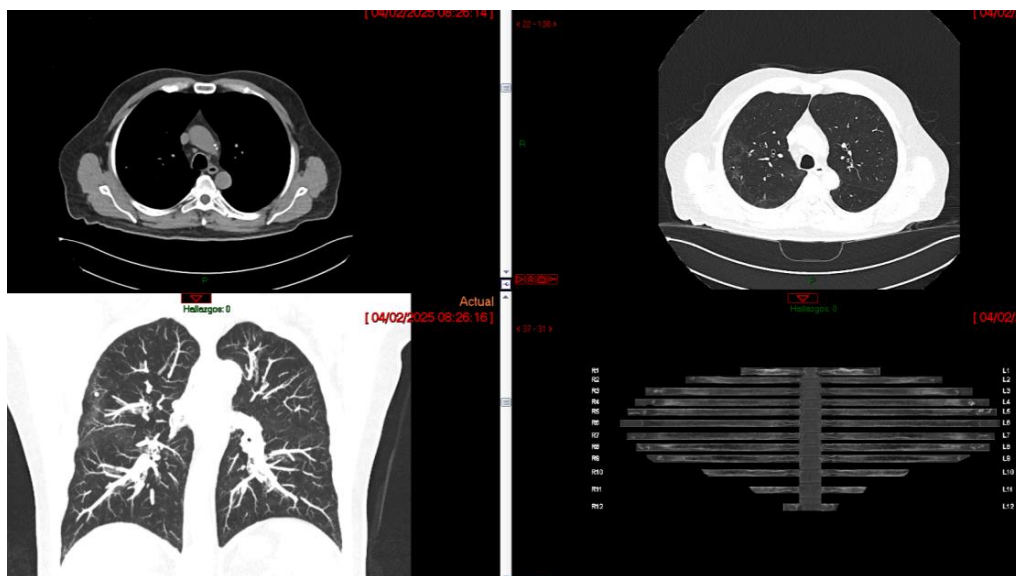


Figura 1. TAC de tórax de baja dosis. Paciente de 73 años en tamizaje para cáncer pulmonar. El TAC de tórax de baja dosis incluye en ventana para mediastino, venta para pulmón, reconstrucciones MIP y reconstrucción de reja costal y columna torácica. No se identificaron lesiones sugestivas de neoplasia. Granuloma residual densamente calcificado de 3 mm en el lóbulo superior derecho.

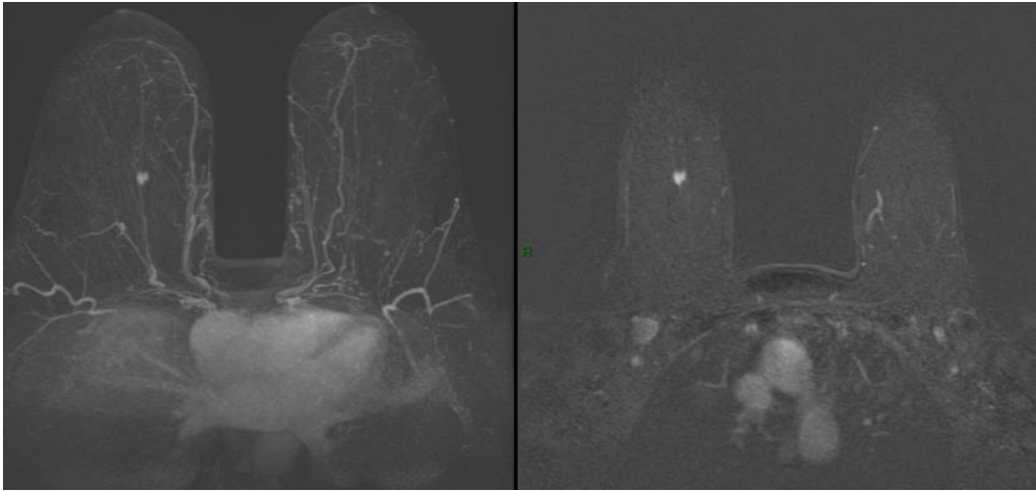


Figura 2. RM secuencia Mip nódulo en coordenada 12h de la mama derecha con la correspondiente secuencia de sustracción contrastada. La patología reportó un CDI tipo NOS Luminal B Her2 3+ Ki67 60%.

para mejorar las tasas de curación y reducir la mortalidad. La mamografía sigue siendo el método principal de detección y el único que ha demostrado, a través de estudios a gran escala, una reducción significativa en la mortalidad por cáncer de mama¹³. La mamografía digital ha reemplazado en gran medida a la mamografía convencional, ofreciendo una mejor calidad de imagen, una menor dosis de radiación y la capacidad de almacenamiento y procesamiento digital de las imágenes. La tomosíntesis (mamografía 3D) representa un avance significativo, ya que mejora la detección de lesiones, especialmente en mujeres con mamas densas, al reducir la superposición de tejidos que puede ocultar lesiones en la mamografía 2D convencional^{14,15}. La mamografía con contraste espectral (CESM) utiliza la inyección de un contraste yodado para mejorar la visualización de lesiones sospechosas, lo que la convierte en una alternativa viable a la RM en pacientes que tienen contraindicaciones para la RM, como claustrofobia o la presencia de dispositivos metálicos¹⁶. La RM es una herramienta esencial en la evaluación de mujeres con alto riesgo de desarrollar cáncer de mama, como aquellas con mutaciones genéticas (BRCA1/2) o antecedentes familiares significativos¹⁴. Los protocolos abreviados de RM están aumentando la disponibilidad de esta técnica, haciéndola más accesible a un mayor número de

pacientes¹⁸⁻²⁰. El ultrasonido, una técnica ampliamente disponible y sin radiación ionizante, se utiliza como complemento a la mamografía y la RM. La elastografía evalúa la rigidez de los tejidos, lo que ayuda a diferenciar entre lesiones benignas (generalmente más blandas) y malignas (generalmente más rígidas)¹⁵. La ecografía con contraste utiliza microburbujas para visualizar la microvascularización tumoral, proporcionando información adicional sobre la naturaleza de las lesiones [26]. El ultrasonido automatizado de mama completa (AWBU) ofrece imágenes reproducibles y capacidad de reconstrucción 3D, eliminando la variabilidad dependiente del operador¹⁷. La Inteligencia Artificial (IA) está desempeñando un papel cada vez más importante en la interpretación de las mamografías, con algoritmos que ayudan a los radiólogos a identificar lesiones sospechosas, predecir el riesgo individual de cáncer de mama y potencialmente reducir la necesidad de biopsias innecesarias^{18,19}. La biopsia guiada por imágenes, como la biopsia estereotáctica que utiliza la mamografía para guiar la aguja, permite obtener muestras de tejido de forma precisa y mínimamente invasiva para el diagnóstico definitivo y la planificación del tratamiento²¹. La **Figura 2** muestra los hallazgos de una RM mamaria como prueba de cribado.

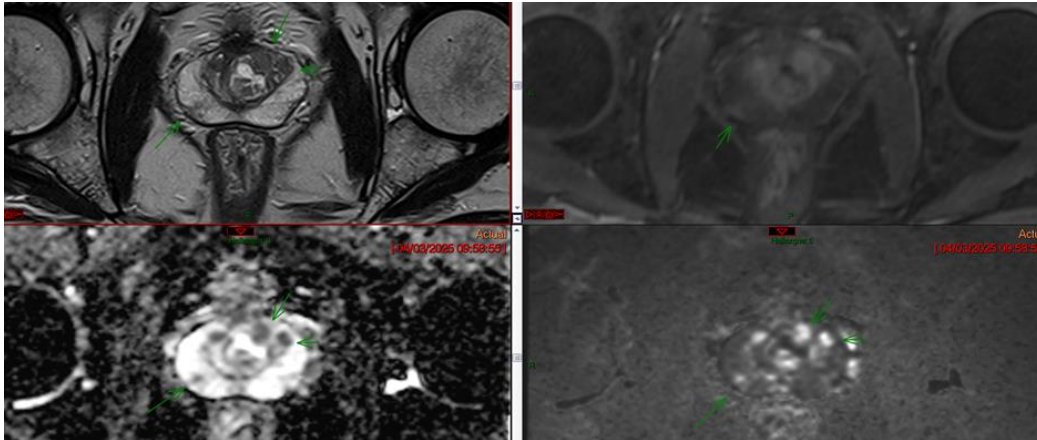


Figura 3. Resonancia magnética multiparamétrica de próstata. Paciente de 61 años con diagnóstico de cáncer de próstata temprano. En la secuencia T2 axial se observa nódulo de 8 mm en la zona periférica derecha (flecha) y dos nódulos sospechosos en la zona de transición izquierda (flechas), con la secuencia contrastada dinámica, ADC y difusión correspondientes (PIRADS 4).

Cáncer de próstata

El cáncer de próstata, el segundo tipo de cáncer más común en hombres en Colombia, presenta desafíos únicos en términos de detección temprana y diferenciación entre enfermedad indolente y agresiva. La Resonancia Magnética Multiparamétrica (RMmp) se ha convertido en la herramienta principal para la detección y caracterización del cáncer de próstata, gracias a su alta resolución espacial y su capacidad para evaluar la anatomía zonal de la próstata, la restricción del movimiento de las moléculas de agua en el tejido (indicativo de celularidad) y la microvascularización^{22,23}. El sistema PI-RADS (Prostate Imaging Reporting and Data System) ha estandarizado la interpretación de las imágenes de RMmp, mejorando la consistencia y la precisión de los informes radiológicos²⁴⁻²⁷. La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) con trazadores específicos para el antígeno prostático específico de membrana (PSMA) está revolucionando la detección de metástasis, incluso en pacientes que se consideran no metastásicos según las imágenes convencionales²⁸⁻³³. La biopsia por fusión de imágenes (RM-US) combina la información detallada de la RMmp con la ecografía transrectal en tiempo real, lo que permite una biopsia más precisa de

las lesiones sospechosas identificadas en la RM, mejorando la detección de cánceres clínicamente significativos y reduciendo la necesidad de biopsias repetidas^{31,33}. La **Figura 3** muestra los hallazgos de una RM multiparamétrica de próstata compatible con una secuencia PIRADS4.

Cáncer gástrico

En el cáncer gástrico, una causa importante de mortalidad por cáncer en Colombia, la detección temprana y la estadificación precisa son fundamentales para mejorar el pronóstico. La ecografía endoscópica (EUS) se considera el estándar de referencia para la estadificación locorregional del cáncer gástrico, ya que permite una evaluación detallada de la profundidad de la invasión tumoral en la pared gástrica y la afectación de los ganglios linfáticos regionales^{34,35}. La TC es esencial para la evaluación de metástasis a distancia (estadio M), pero también desempeña un papel importante en la estadificación T (tumor) y N (ganglios linfáticos). Los avances en la TC, como la TC multidetector y la TC espectral, han mejorado significativamente la resolución espacial y la capacidad de detectar lesiones pequeñas. Para una evaluación óptima, se deben utilizar secuencias simples y venosas (la fase venosa es crucial para la detección del

realce tumoral), y puede considerarse una fase arterial adicional si se requiere evaluar variantes vasculares. Las reconstrucciones multiplanares (MPR) son esenciales para una evaluación completa de la ubicación y extensión del tumor³⁶. La gastroscopia virtual (GV), una técnica que utiliza imágenes de TC para crear una reconstrucción tridimensional del estómago, simulando una vista endoscópica, ofrece una alternativa menos invasiva a la endoscopia convencional para evaluar la mucosa gástrica [9 sección del estómago]. Estudios han demostrado que la GV tiene una alta precisión en la estadificación T y N del cáncer gástrico^{36,37}. La RM, gracias a su excelente contraste de tejidos blandos y la ausencia de radiación ionizante, también tiene un papel en la evaluación del cáncer gástrico. Tanto las mejoras en la tecnología de RM, como las técnicas de imagen rápida, han ayudado a superar las limitaciones previas relacionadas con los artefactos de movimiento³⁸. Aunque la tomografía por emisión de positrones (PET) con 18F-fluorodesoxiglucosa (FDG) ha tenido un uso limitado en el cáncer gástrico, debido a que algunas histologías no son ávidas de FDG, la investigación se ha centrado en el desarrollo de nuevos radiotrazadores, como el 68Ga-FAPI (inhibidor del activador de fibroblastos marcado con galio-68), que han demostrado mayor capacidad para detectar lesiones nuevas, en especial metástasis a distancia, en comparación con la TC con contraste^{39,40}.

Cáncer colorrectal

El cáncer colorrectal, una causa importante de morbilidad y mortalidad tanto en Colombia como a nivel mundial, se beneficia de una variedad de técnicas de imagen. Si bien la colonoscopia óptica sigue siendo el estándar de oro para la detección de pólipos y cáncer colorrectal, las técnicas de imagenología avanzadas desempeñan un papel cada vez más importante en la estadificación, la planificación del tratamiento, la evaluación de la respuesta terapéutica y la predicción del pronóstico. La colonografía por tomografía computarizada (CTC), también conocida como colonoscopia virtual, se ha establecido como una alternativa viable a la colonoscopia óptica

para la detección de neoplasias colorrectales⁴¹. La CTC ofrece ventajas como una mayor disponibilidad, un menor tiempo de examen y una alta resolución espacial. Sin embargo, su sensibilidad para la detección de pólipos pequeños (<5 mm) y lesiones planas es limitada, y este sigue siendo un tema de debate e investigación [1 de sección de colon y recto]. La RM ha demostrado ser particularmente útil en la evaluación del cáncer de recto. La medición del volumen tumoral mediante RM, especialmente después de la terapia neoadyuvante (quimioterapia y radioterapia preoperatorias), se está convirtiendo en un biomarcador pronóstico importante⁴². La reducción del volumen tumoral se correlaciona con la supervivencia libre de enfermedad y la regresión tumoral, y puede superar en valor predictivo a los criterios RECIST (Response Evaluation Criteria in Solid Tumors) tradicionales. La volumetría por RM ponderada en T2 es útil para evaluar la posibilidad de una respuesta completa patológica, aunque la diferenciación entre fibrosis postratamiento y tumor residual viable puede ser un desafío⁴³. Las técnicas de imagen funcional y molecular, como la imagen de difusión (DWI) y la tomografía por emisión de positrones (PET) con 18F-FDG, mejoran la delineación tumoral gracias a su superior contraste intrínseco. La TC de energía dual, una técnica que aprovecha la atenuación diferencial de los rayos X a diferentes niveles de energía, permite la descomposición de materiales en función de sus perfiles de atenuación. En pacientes con CCR, la TC de energía dual facilita la detección y caracterización de tumores primarios y metástasis, basándose en la captación de yodo. Las imágenes monocromáticas virtuales derivadas de la TC de energía dual mejoran el contraste sutil, lo que facilita la visualización de lesiones y el contraste entre la lesión y el parénquima, especialmente en el caso de metástasis hepáticas⁴⁴. La elastografía por ultrasonido, que evalúa la rigidez de los tejidos, ha demostrado ser una herramienta útil para diferenciar entre lesiones benignas y malignas en el recto, utilizando una sonda endorrectal⁴⁵. La tomografía por emisión de positrones (PET), tanto en su combinación con el PET/CT como con la resonancia magnética (PET/RM), tiene aplicaciones importantes en

el cáncer colorrectal. La PET/CT con FDG se utiliza principalmente para detectar metástasis a distancia y evaluar la enfermedad recurrente⁴⁶; no se utiliza habitualmente para la detección del tumor primario ni para la estadificación local (excepto en casos específicos y con protocolos especializados). Existe una intensa investigación en curso para desarrollar nuevos radiotrazadores PET más allá del FDG, que se dirijan a aspectos específicos de la biología tumoral (por ejemplo, proliferación celular, hipoxia, angiogénesis), con el objetivo de mejorar la sensibilidad y especificidad para detectar y caracterizar el CCR⁴⁶. La PET/RM, una modalidad híbrida que combina la información metabólica de la PET con el contraste superior de los tejidos blandos de la RM, es particularmente valiosa para evaluar las metástasis hepáticas y la recurrencia local en el cáncer rectal [45]. La aplicación de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (*machine learning*) en la imagenología del CCR es un área de investigación en rápido desarrollo. Los sistemas de detección y diagnóstico asistidos por computadora (CAD) en la CTC han demostrado aumentar la sensibilidad del lector en la detección de CCR⁴⁷. El análisis automatizado de grandes volúmenes de datos de imagen tiene el potencial de revolucionar la segmentación, el registro, la fusión de imágenes y la terapia guiada por imágenes, allanando el camino para una medicina de precisión en el manejo del CCR.

Discusión

Los avances en las imágenes diagnósticas, impulsados por la innovación tecnológica constante, han transformado radicalmente el panorama de la oncología, no solo a nivel mundial, sino también de manera específica en Colombia. La detección precoz del cáncer, la estadificación precisa de la enfermedad, la planificación individualizada del tratamiento, la evaluación objetiva de la respuesta terapéutica y el seguimiento a largo plazo de los pacientes se han beneficiado enormemente de estas innovaciones. La capacidad de visualizar tumores en etapas iniciales, a menudo antes de que se manifiesten síntomas clínicos, ha permitido intervenciones terapéuticas

más tempranas y, en muchos casos, ha mejorado significativamente el pronóstico y la supervivencia.

Cada modalidad de imagenología, ya sea la TC, la RM, la tomografía por emisión de positrones (PET), la ecografía o sus variantes más avanzadas, posee sus propias ventajas, limitaciones y características específicas. La selección de la modalidad de imagen más adecuada debe ser un proceso individualizado, cuidadosamente adaptado al tipo específico de cáncer, la etapa de la enfermedad, las características individuales del paciente (edad, comorbilidades, preferencias), la disponibilidad de recursos y la experiencia del equipo médico.

Uno de los desafíos más importantes y apremiantes en Colombia, y en muchos otros países en desarrollo, es la accesibilidad a estas tecnologías avanzadas de imagenología. Otro desafío crucial, que trasciende las fronteras geográficas, es la necesidad imperiosa de formación y capacitación continua del personal médico, en particular de radiólogos y oncólogos, pero también de otros especialistas involucrados en el cuidado del paciente con cáncer. La correcta interpretación y aplicación clínica de estas nuevas técnicas de imagenología, especialmente las más avanzadas como la radiómica, la radiogenómica y la inteligencia artificial (IA), requieren un conocimiento especializado y una actualización constante. La IA, en particular, está transformando rápidamente el campo de la radiología, con algoritmos de aprendizaje profundo que pueden detectar patrones sutiles en las imágenes que podrían pasar desapercibidos para el ojo humano. Sin embargo, la implementación efectiva de la IA requiere una comprensión profunda de sus capacidades y limitaciones, así como una estrecha colaboración entre radiólogos, oncólogos, patólogos, biólogos moleculares, científicos de datos e ingenieros biomédicos. Se necesitan programas de educación continua sólidos y accesibles para garantizar que los profesionales de la salud estén equipados con las habilidades y el conocimiento necesarios para utilizar estas herramientas de manera óptima.

Conclusiones

Los avances en las imágenes diagnósticas han revolucionado, sin lugar a dudas, la detección precoz y el manejo integral de los cinco tipos de cáncer más frecuentes en Colombia: mama, pulmón, próstata, gástrico y colorrectal. La TC, la RM, la PET/CT, la ecografía y sus variantes más sofisticadas, así como las aplicaciones emergentes de la IA, han mejorado significativamente la precisión diagnóstica, la estadificación de la enfermedad, la planificación individualizada del tratamiento, la evaluación objetiva de la respuesta terapéutica y el seguimiento a largo plazo de los pacientes. Estos avances tecnológicos han contribuido a una mejor comprensión de la biología del cáncer, a la identificación de biomarcadores predictivos y pronósticos, y a la optimización de las estrategias terapéuticas.

Es imperativo realizar más estudios de investigación, tanto a nivel nacional como internacional, para optimizar la utilidad clínica de estas modalidades de imagenología, evaluar su costo-efectividad y garantizar su implementación equitativa y sostenible en el sistema de salud. La imagenología oncológica es un campo en constante evolución, y la colaboración continua entre investigadores, clínicos, formuladores de políticas y la industria será esencial para traducir los avances científicos en beneficios tangibles para los pacientes.

Financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Contribución de autoría

Los autores certifican haber contribuido de igual manera en la concepción y diseño de la revisión, la búsqueda y análisis de la literatura científica, así como en la redacción del manuscrito, haciéndose responsables de su contenido.

Referencias

1. Instituto Nacional de Cancerología (INC). Anuario estadístico 2018. Bogotá: INC; 2018.
2. Piñeros M, Gamboa O, Hernández-Suárez G, Pardo C, Bray F. Patterns and trends in cancer mortality in Colombia 1984-2008. *Cancer Epidemiol.* 2013 Jun;37(3):233-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.canep.2013.02.003>
3. World Health Organization. Guide to cancer early diagnosis. Geneva: WHO; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: <http://apps.who.int/iris> [Consulta: XX Mes AÑO]
4. Mahesh M. The essential physics of medical imaging. 3rd ed. *Med Phys.* 2013 Jul;40(7):074301. Disponible en: <https://doi.org/10.1118/1.4811156>
5. Bera K, Braman N, Gupta A, Velcheti V, Madabhushi A. Predicting cancer outcomes with radiomics and artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Clin Oncol.* 2022 Feb;19(2):132-46. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41571-021-00560-7>
6. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018 Aug;18(8):500-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
7. Tárnoki ÁD, Tárnoki DL, Dąbrowska M, Knetki-Wróblewska M, Frille A, Stubbs H, et al. New developments in the imaging of lung cancer. *Breathe (Sheff).* 2024 Mar;20(1):230176. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/20734735.0176-2023>
8. Zhu X, Zhao Y, Yang S, Li Y, Wei Y, Sun W, et al. Advances in early detection of non-small cell lung cancer: a comprehensive review. *Precis Med Clin.* 2025;11:e13992.
9. Guerreiro T, Aguiar P, Araújo A. Current evidence for a lung cancer screening program. *Port J Public Health.* 2024 Apr 22;42(2):133-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000538434>
10. Hiramatsu R, Maki M, Ohno Y, Hatabu H. Magnetic resonance imaging for lung cancer: a state-of-the-art review. *Precis Future Med.* 2022;6(1):49-77.
11. Hu N, Yan G, Wu Y, Wang L, Wang Y, Xiang Y, et al. Recent and current advances in PET/CT imaging in the field of predicting epidermal growth factor receptor mutations in non-small cell lung cancer. *Front Oncol.* 2022 Oct 6;12:879341. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.879341>
12. Durand MA, Haas B, Mandelson MT, et al. Breast cancer detection with tomosynthesis in combination with digital mammography: MGH prospective trial. *AJR Am J Roentgenol.* 2016;206(6):1243-51. Disponible en: <https://doi.org/10.2214/AJR.15.14532>
13. Houssami N, Lee CI, Buist DSM, et al. Comparative effectiveness of digital breast tomosynthesis in breast cancer screening: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncol.* 2019;5(9):1271-82. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2019.1754>
14. Lehman CD, Gatsonis C, Kuhl CK, et al. MRI evaluation of the contralateral breast in women with recently diagnosed breast cancer. *N Engl J Med.* 2016;374(25):2464-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1601303>
15. Freitas V, Yamamoto A, Fischer B, et al. Breast cancer detection using a low-dose positron emission digital

- mammography system. *Radiol Imaging Cancer*. 2024; 6(2):e230134. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/rycan.230134>
16. Sardanelli F, Fallenberg EM, Gilbert FJ, et al. Expert consensus document on breast cancer screening using contrast enhanced spectral mammography. *Insights Imaging*. 2023;14(1):21. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01383-2>
 17. Tagliafico AS, Calabrese M, Mariscotti G, et al. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) for breast cancer diagnosis: systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol*. 2020;30(7):3968–85. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06751-8>
 18. Rodríguez-Ruiz A, Ramírez-Santana C, Helguera-Repetto AC, et al. Artificial intelligence in the diagnosis of breast cancer: a systematic review. *Insights Imaging*. 2022;13(1):98. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13244-022-01208-7>
 19. Meng J, Li Z, Chen K, et al. Deep learning for breast cancer diagnosis using mammography: a systematic review. *Comput Biol Med*. 2023;153:106492. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.106492>
 20. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*. 2020;583(7814):89–94. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2314-0>
 21. Yala A, Lehman C, Schuster T, Barzilay R, Sala E, Gale W. A deep learning mammography-based model for improved breast cancer risk prediction. *Radiology*. 2020;296(1):20–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/radiol.2020191621>
 22. Dembrower K, Raza S, Chang J, et al. Performance measures for artificial intelligence in breast cancer screening. *J Natl Cancer Inst*. 2023;115(1):102–10. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jnci/djac178>
 23. Rodríguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, et al. Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists. *J Natl Cancer Inst*. 2021;113(9):1142–50. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jnci/djab039>
 24. Gilhooly P, Taylor D, Patnick J. Screening for breast cancer. *BMJ*. 2020;368:m411. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmj.m411>
 25. Ingman WV, Thompson E, Frazer H, et al. Artificial intelligence improves mammography-based breast cancer risk prediction. *Trends Cancer*. 2024;S2405-8033(24)00334-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trecan.2024.100817>
 26. Holzgreve A, Calais J, Murphy D, et al. Metastatic prostate cancer detected with 68Ga-PSMA-11 PET in patients with high-risk hormone-sensitive prostate cancer classified as nonmetastatic by conventional imaging. *JAMA Netw Open*. 2025;8(1):e2448721. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.48721>
 27. Hu Q, Cheng S, Yuan C, Jin C. Recent research advances in imaging of prostate cancer. *J Biosci Med*. 2024;12(6):114–28. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/jbm.2024.126010>
 28. Kasivisvanathan V, Moore CM, Emberton M. Novel MRI techniques for prostate cancer localization. *Nat Rev Urol*. 2018;15(10):601–18. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41585-018-0056-9>
 29. Turkbey B, Mani H, Shah V, Rastinehad AR, Bernardo M, George AK, et al. Multiparametric MRI in the management of prostate cancer: current status and future directions. *CA Cancer J Clin*. 2019;69(1):41–62. Disponible en: <https://doi.org/10.3322/caac.21525>
 30. Panebianco V, Barchetti F, Mazzetti S, De Luca S, Catalano C. Advanced magnetic resonance imaging techniques for prostate cancer detection. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(8):1514. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081514>
 31. Hamm C, Baur ADJ, Budäus L, et al. Long-term safety and effectiveness of a decentralized multiparametric MRI-first approach for prostate cancer detection: the MRI-FIRST registry study. *JAMA Oncol*. 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2024.5144>
 32. Sonn GA, Chang E, Natarajan S, Margolis DJ, Lepor H, Barocas DA, et al. Value of magnetic resonance imaging-ultrasound fusion-guided biopsy in men with prior negative biopsies and elevated prostate-specific antigen levels. *Eur Urol*. 2014;66(3):547–53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2013.11.045>
 33. Siddiqui MM, Rais-Bahrami S, Turkbey B, George AK, Rothwax J, Shakir N, et al. Comparison of MR-ultrasound fusion-guided biopsy with ultrasound-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer. *JAMA*. 2015;314(1):11–22. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jama.2015.6049>
 34. Punwani S, Lebastchi AH, Punwani I. Advances in diagnostic imaging of prostate cancer. *Curr Urol Rep*. 2024;25(12):543. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11934-024-01234-y>
 35. Vargas HA, Akin O, Franiel T, Chopra S, Kruecker J, Oto A. Multiparametric MRI for prostate cancer detection, localization, and risk stratification: a review. *AJR Am J Roentgenol*. 2019;212(1):28–38. Disponible en: <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20439>
 36. Porpiglia F, Manfredi M, Mele F, Russo GI, Bollito E, Cracco CM, et al. Magnetic resonance imaging/ultrasound targeted biopsy versus standard 12-core transrectal ultrasound-guided prostate biopsy: a prospective randomized study. *Eur Urol*. 2017;71(2):215–21. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.07.019>
 37. Waddingham W, Nieuwenburg SAV, Carlson S, Rodríguez-Justo M, Spaander M, Kuipers EJ, et al. Recent advances in the detection and management of early gastric cancer and its precursors. *Frontline Gastroenterol*. 2020;12(4):322–31. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/flgastro-2018-101089>
 38. Haque E, Esmail A, Muhsen I, Salah H, Abdelrahim M. Recent trends and advancements in the diagnosis and management of gastric cancer. *Cancers (Basel)*. 2022;14(22):5615. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cancers14225615>
 39. Xia JY, Aadam AA. Advances in screening and detection of gastric cancer. *J Surg Oncol*. 2022;125(7):1104–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jso.26844>
 40. Nagpal P, Prakash A, Pradhan G, Vidholia A, Nagpal N, Saboo SS, et al. MDCT imaging of the stomach: advances

- and applications. *Br J Radiol.* 2017;90(1069):20160412. Disponible en: <https://doi.org/10.1259/bjr.20160412>
41. Almeida MFA, Verza L, Bitencourt AGV, Boaventura CS, Barbosa PNVP, Chojniak R. Computed tomography with a stomach protocol and virtual gastroscopy in the staging of gastric cancer: an initial experience. *Radiol Bras.* 2018;51(4):211–7. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2017.0097>
 42. Choi JI, Joo I, Lee JM. State-of-the-art preoperative staging of gastric cancer by MDCT and magnetic resonance imaging. *World J Gastroenterol.* 2014;20(16):4546–57. Disponible en: <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i16.4546>
 43. García-Figueiras R, Baleato-González S, Padhani AR, Luna-Alcalá A, Marhuenda A, Vilanova JC, et al. Advanced imaging techniques in evaluation of colorectal cancer. *Radiographics.* 2018;38(3):740–65. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/rg.2018170044>
 44. Lee DH, Lee JM, Hur BY, Joo I, Yi NJ, Suh KS, et al. Colorectal cancer liver metastases: diagnostic performance and prognostic value of PET/MR imaging. *Radiology.* 2016;280(3):782–92. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/radiol.2016151975>
 45. Nakai Y, Gono W, Kurokawa R, Nishioka Y, Abe H, Arita J, et al. MRI findings of liver parenchyma peripheral to colorectal liver metastasis: a potential predictor of long-term prognosis. *Radiology.* 2020;297(3):584–94. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/radiol.2020202367>
 46. Ward J, Guthrie JA, Wilson D, Arnold P, Lodge JP, Toogood GJ, et al. Colorectal hepatic metastases: detection with SPIO-enhanced breath-hold MR imaging—comparison of optimized sequences. *Radiology.* 2003;228(3):709–18. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/radiol.2283020376>
 47. Kim HJ, Lee SS, Byun JH, Kim JC, Yu CS, Park SH, et al. Incremental value of liver MR imaging in patients with potentially curable colorectal hepatic metastasis detected at CT: a prospective comparison of diffusion-weighted imaging, gadoteric acid-enhanced MR imaging, and a combination of both MR techniques. *Radiology.* 2015;274(3):712–22. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/radiol.14140390>