

Fenómica de Imagen y Radiómica Aplicada



Kevin Alexander Cevallos Sánchez

Ronny David Herrera Parra

Melba Katiuska Carrera Saltos

Gladys Maria Yagual Lucas

Vanessa Alexandra Guartizaca Durán

Wissentaal

ÍNDICE

Imagenología Cardíaca Multimodal: del Score de Calcio a la Resonancia Magnética Funcional de Estrés	3
Kevin Alexander Cevallos Sánchez	3
Abordaje Radiológico Integral de la Patología Hepatobiliar: Elastografía y Contraste Hepatofasicular	18
Ronny David Herrera Parra	18
Imagenología de Precisión en el Sistema Muscoloesquelético: Resonancia de Alta Resolución y Ultrasonografía Intervencionista	34
Melba Katiuska Carrera Saltos	34
Aplicaciones Clínicas de la Pet/MRI en la Estadificación y Seguimiento del Paciente Oncológico	49
Gladys Maria Yagual Lucas	49
Imagenología Gastrointestinal: Diagnóstico Integral de Patología Digestiva	64
Vanessa Alexandra Guartizaca Durán	64

Imagenología Cardíaca Multimodal: del Score de Calcio a la Resonancia Magnética Funcional de Estrés

Kevin Alexander Cevallos Sánchez

DEFINICIÓN

La imagenología cardíaca multimodal se define como la utilización integrada y complementaria de múltiples técnicas de imagen no invasivas para la evaluación morfológica, funcional, metabólica y hemodinámica del corazón y sus estructuras asociadas. Este enfoque combina diversas modalidades diagnósticas —tales como la tomografía computarizada cardíaca (TCC), la resonancia magnética cardíaca (RMC), la ecocardiografía avanzada, la medicina nuclear (SPECT y PET) y la angiografía coronaria por tomografía— con el objetivo de obtener una caracterización integral de la patología cardiovascular.

El concepto de multimodalidad surge de la premisa de que ninguna técnica de imagen aislada proporciona toda la información necesaria para la toma de decisiones clínicas en la cardiología moderna. Cada modalidad posee fortalezas específicas: la TCC ofrece excelente resolución espacial para la evaluación anatómica coronaria y el cálculo del score de calcio; la RMC es el estándar de referencia para la cuantificación de volúmenes ventriculares, fracción de eyección y caracterización tisular miocárdica; y las técnicas de medicina nuclear permiten evaluar la perfusión miocárdica y la viabilidad con alta sensibilidad.

Dentro de este espectro multimodal, el presente capítulo aborda dos pilares fundamentales: el score de calcio coronario (CAC score) como herramienta de estratificación de riesgo cardiovascular, y la resonancia magnética funcional de estrés como método avanzado para la detección de isquemia miocárdica y la evaluación funcional cardíaca integral.

EPIDEMIOLOGÍA

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) constituyen la principal causa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las ECV provocan aproximadamente 17,9 millones de defunciones anuales, lo que representa el 32% de todas las muertes globales. De estas, más del 85% se atribuyen a cardiopatía isquémica y enfermedad cerebrovascular.

En América Latina, la carga de enfermedad cardiovascular ha experimentado un incremento sostenido en las últimas décadas, asociado a la transición epidemiológica y al aumento en la prevalencia de factores de riesgo modificables como hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2, dislipidemia y obesidad. En Ecuador, las enfermedades isquémicas del corazón se ubican entre las cinco primeras causas de muerte según los registros del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), con una tasa de mortalidad que ha mostrado una tendencia creciente, particularmente en poblaciones urbanas y en grupos etarios superiores a los 50 años.

En este contexto, el diagnóstico oportuno mediante imagenología cardíaca adquiere una relevancia crítica. El score de calcio coronario ha demostrado ser un predictor independiente de eventos cardiovasculares mayores (MACE), con estudios epidemiológicos a gran escala como el Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) que han validado su utilidad en la reclasificación del riesgo en pacientes asintomáticos. Un CAC score de cero se asocia con una tasa de eventos cardiovasculares

menor al 1% a 10 años, mientras que puntuaciones superiores a 400 confieren un riesgo anual de eventos que supera el 2%.

Respecto a la resonancia magnética cardíaca de estrés, su utilización ha crecido exponencialmente en la última década. El ensayo clínico MR-INFORM demostró que la estrategia diagnóstica basada en RMC de perfusión de estrés es no inferior a la angiografía invasiva con medición de reserva fraccional de flujo (FFR) para la toma de decisiones en pacientes con angina estable, lo cual ha impulsado su incorporación en las guías de práctica clínica internacionales.

En Ecuador, el acceso a imagenología cardíaca avanzada permanece limitado a centros de tercer nivel ubicados en las principales ciudades. No obstante, la creciente inversión en infraestructura médica y la formación de especialistas en imagen cardíaca están generando una paulatina expansión de estos servicios, lo que representa una oportunidad para mejorar la detección temprana y el manejo de la enfermedad coronaria en la población ecuatoriana.

FISIOPATOLOGÍA

Aterosclerosis coronaria y calcificación vascular

La aterosclerosis es un proceso inflamatorio crónico que afecta la pared arterial y constituye el sustrato fisiopatológico de la enfermedad coronaria. Su desarrollo se inicia con la disfunción endotelial, que permite la infiltración de lipópidos — principalmente lipoproteínas de baja densidad oxidadas (LDL-ox) — hacia la íntima arterial. La acumulación subendotelial de lípidos desencadena una cascada inflamatoria con reclutamiento de monocitos, su diferenciación en macrófagos y la formación de células espumosas, lo que constituye la estría grasa, lesión inicial de la placa aterosclerótica.

La calcificación arterial coronaria es un fenómeno activo, regulado por mecanismos similares a la osteogénesis, que

involucra la transformación osteocondrogénica de células musculares lisas vasculares. Los depósitos de hidroxapatita de calcio se acumulan progresivamente en las placas ateroscleróticas en respuesta a mediadores inflamatorios, estrés oxidativo y alteraciones en el metabolismo mineral. La cantidad de calcio coronario, cuantificada mediante el score de Agatston, se correlaciona estrechamente con la carga total de placa aterosclerótica, aunque no necesariamente con el grado de estenosis luminal.

Cascada isquémica y evaluación funcional

La estenosis coronaria significativa genera un desequilibrio entre la oferta y la demanda miocárdica de oxígeno, particularmente durante condiciones de estrés físico o farmacológico. La cascada isquémica describe la secuencia temporal de eventos que ocurren cuando la perfusión miocárdica se vuelve insuficiente: inicialmente se produce una alteración de la perfusión subendocárdica, seguida de disfunción diastólica regional, alteraciones de la contractilidad segmentaria (hipoquinesia, aquinesia o disquinesia), cambios electrocardiográficos y, finalmente, angina.

Este concepto es fundamental para comprender el valor de la RMC de estrés, ya que esta técnica permite detectar los primeros eslabones de la cascada isquémica —particularmente los defectos de perfusión y las alteraciones de la motilidad parietal— antes de que se manifiesten síntomas clínicos. Los protocolos de estrés farmacológico con vasodilatadores (adenosina, regadenoson) o inotrópicos (dobutamina) explotan estas diferencias fisiopatológicas para inducir heterogeneidad en la perfusión miocárdica entre territorios vasculares sanos e isquémicos.

Caracterización tisular miocárdica

La RMC posee la capacidad única de caracterizar el tejido miocárdico in vivo. Las secuencias de realce tardío con gadolinio (RTG) identifican áreas de fibrosis de reemplazo o necrosis,

basadas en la cinética diferencial del contraste entre miocardio sano y patológico. El patrón de distribución del realce permite diferenciar etiologías: un realce subendocárdico que sigue la distribución de un territorio coronario sugiere origen isquémico, mientras que un realce mesocárdico o epicárdico apunta a etiologías no isquémicas como miocarditis, sarcoidosis o miocardiopatía hipertrófica. Adicionalmente, las técnicas de mapeo paramétrico (T1 nativo, T2, volumen extracelular) cuantifican cambios difusos del intersticio miocárdico, como edema, inflamación o fibrosis intersticial.

CUADRO CLÍNICO

Las indicaciones clínicas para la imagenología cardíaca multimodal abarcan un amplio espectro de presentaciones. A continuación se describen los escenarios clínicos más relevantes donde estas técnicas aportan información diagnóstica y pronóstica significativa.

Paciente asintomático con factores de riesgo cardiovascular

En individuos asintomáticos con riesgo cardiovascular intermedio (riesgo a 10 años entre 7,5% y 20% según las ecuaciones de riesgo), el score de calcio coronario permite reclasificar el riesgo de manera significativa. Un resultado de CAC igual a cero en este contexto justifica una estrategia conservadora de manejo, mientras que puntuaciones elevadas pueden motivar la intensificación de medidas preventivas, incluyendo el inicio de terapia con estatinas. La presencia de factores como diabetes mellitus, antecedentes familiares de enfermedad coronaria prematura o síndrome metabólico refuerza la indicación de esta evaluación.

Dolor torácico estable

Los pacientes que presentan dolor torácico de características típicas o atípicas, con probabilidad pretest intermedia de enfermedad coronaria obstructiva, representan candidatos

ideales para la evaluación mediante RMC de estrés. La sintomatología clásica incluye dolor opresivo retroesternal desencadenado por esfuerzo físico o estrés emocional, con irradiación a miembro superior izquierdo, cuello o mandíbula, y que cede con reposo o nitroglicerina sublingual. Sin embargo, la presentación atípica es frecuente, especialmente en mujeres, pacientes diabéticos y ancianos, donde la disnea de esfuerzo puede ser el equivalente anginoso predominante.

Evaluación de miocardiopatías

La RMC constituye la herramienta de imagen de elección en la evaluación de miocardiopatías. En la miocardiopatía dilatada, permite cuantificar con precisión los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección, identificar fibrosis mediante RTG y evaluar la viabilidad miocárdica para guiar decisiones de revascularización. En la miocardiopatía hipertrófica, la RMC cuantifica el grosor parietal máximo, identifica patrones de hipertrofia atípica no visibles por ecocardiografía y detecta fibrosis intersticial asociada a mayor riesgo de arritmias ventriculares y muerte súbita.

Síndromes coronarios agudos y viabilidad miocárdica

En el contexto post-infarto, la RMC con RTG proporciona información crítica sobre la extensión transmural de la necrosis, la presencia de obstrucción microvascular (no-reflow) y la viabilidad del miocardio disfuncionante. La transmuralidad del realce tardío es el principal predictor de recuperación funcional tras revascularización: segmentos con menos del 50% de transmuralidad presentan alta probabilidad de recuperación, mientras que aquellos con más del 75% de transmuralidad tienen escasa posibilidad de mejora funcional.

DIAGNÓSTICO

Score de calcio coronario (CAC Score)

El score de calcio coronario se obtiene mediante tomografía computarizada sin contraste, con sincronización electrocardio-

gráfica. La adquisición se realiza en apnea durante 5 a 10 segundos, con un grosor de corte de 3 mm y disparo prospectivo al 70–80% del ciclo cardíaco. La cuantificación se realiza mediante el método de Agatston, que asigna un factor de ponderación (1 a 4) basado en la densidad máxima en unidades Hounsfield (UH) de cada lesión calcificada (umbral ≥ 130 UH) y lo multiplica por el área de la lesión.

Tabla 1. Clasificación del Score de Calcio Coronario (Agatston)

CAC Score	Categoría	Interpretación clínica
0	Ausencia de calcificación	Riesgo muy bajo; probabilidad baja de estenosis significativa
1 – 100	Calcificación leve	Riesgo bajo a moderado; carga aterosclerótica mínima a leve
101 – 400	Calcificación moderada	Riesgo moderado a alto; placa aterosclerótica no obstructiva probable
> 400	Calcificación severa	Riesgo alto; alta probabilidad de al menos una estenosis significativa

Fuente: Adaptado de Agatston AS et al. J Am Coll Cardiol. 1990;17(3):827-32 y actualizaciones posteriores.

La dosis de radiación del estudio de CAC es baja, aproximadamente 1 a 3 mSv, lo que favorece su aplicación como herramienta de cribado. Las guías AHA/ACC de 2019 otorgan una recomendación Clase IIa (nivel de evidencia B) para la medición del CAC en adultos asintomáticos de riesgo intermedio cuando la decisión terapéutica preventiva es incierta.

Angiotomografía coronaria (Angio-TC)

La angiotomografía coronaria (Angio-TC) es una extensión natural del estudio de calcio coronario que, mediante la administración de contraste yodado intravenoso, permite la visualización directa del lumen coronario y la pared arterial. Los equipos de TC multidetector de última generación (256 o más cortes) alcanzan una resolución espacial isotrópica de 0,5 mm y una resolución temporal inferior a 75 milisegundos, lo que permite la adquisición de imágenes de alta calidad incluso con frecuencias cardíacas elevadas.

La Angio-TC posee un valor predictivo negativo superior al 97% para descartar enfermedad coronaria obstructiva significativa, lo que la convierte en una herramienta particularmente útil como prueba de exclusión. Además, los avances en el análisis computacional han permitido la determinación no invasiva de la reserva fraccional de flujo derivada de TC (FFR-CT), que evalúa la significación funcional de las lesiones anatómicas.

Resonancia magnética cardíaca de estrés

La RMC de estrés constituye una herramienta diagnóstica integral que combina la evaluación de la perfusión miocárdica bajo estrés farmacológico con la valoración de la función ventricular, la caracterización tisular y la detección de fibrosis. Un protocolo estándar completo incluye los siguientes componentes:

Tabla 2. Protocolo estándar de RMC de estrés con perfusión

Secuencia	Técnica	Información obtenida
1	Cine SSFP (eje corto, 2, 3 y 4 cámaras)	Función ventricular basal, volúmenes, FEVI
2	Perfusión de primer paso bajo estrés (adenosina/ regadenoson + gadolinio)	Defectos de perfusión inducibles (isquemia)
3	Cine SSFP post-estrés	Alteraciones de contractilidad inducidas
4	Perfusión de primer paso en reposo (gadolinio)	Defectos fijos de perfusión (infarto/ fibrosis)
5	Realce tardío con gadolinio (RTG)	Fibrosis, necrosis, viabilidad miocárdica
6	Mapeo paramétrico (T1, T2, VEC)	Edema, inflamación, fibrosis difusa

Fuente: Adaptado de las recomendaciones SCMR 2020. SSFP: secuencia de precesión libre en estado estacionario; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; VEC: volumen extracelular.

La RMC de estrés con perfusión alcanza una sensibilidad del 89% y una especificidad del 87% para la detección de enfermedad coronaria obstructiva, según metaanálisis recientes. Su capacidad de resoluciones espacial y de contraste superiores permite identificar defectos de perfusión subendocárdicos pequeños, incluyendo enfermedad microvascular, lo cual constituye una ventaja significativa sobre las técnicas de medicina nuclear.

Rendimiento diagnóstico comparativo

Tabla 3. Rendimiento diagnóstico comparativo de las técnicas de imagen cardíaca

Modalidad	Sensibilidad	Especificidad	VPN	Radiación
Score de calcio	N/A*	N/A*	96–99%	1–3 mSv
Angio-TC coronaria	93–99%	64–83%	>97%	2–5 mSv
RMC perfusión estrés	87–91%	85–90%	90–94%	0 mSv
SPECT	82–88%	70–77%	85–90%	6–12 mSv
PET cardíaco	90–95%	85–90%	93–97%	2–4 mSv

*Fuente: Elaboración propia basada en metaanálisis recientes. *El CAC score no evalúa estenosis directamente, sino carga aterosclerótica total. VPN: valor predictivo negativo.*

TRATAMIENTO

Si bien la imagenología cardíaca no constituye un tratamiento en sí misma, los hallazgos obtenidos mediante las técnicas multimodales tienen un impacto directo y determinante en la toma de decisiones terapéuticas. La integración de la información anatómica, funcional y tisular obtenida a través de estas modalidades permite guiar de forma racional las estrategias de manejo.

Implicaciones terapéuticas del score de calcio

Un CAC score de cero en pacientes de riesgo intermedio ofrece una ventana de garantía pronóstica que permite diferir la terapia farmacológica intensiva y enfocarse en modificaciones del estilo de vida. Por el contrario, un CAC elevado (especialmente >100) fortalece la indicación de estatinas de alta intensidad, ácido acetilsalicílico en pacientes seleccionados y control estricto de factores de riesgo. Las guías de prevención cardiovascular de 2019 de la AHA/ACC recomiendan considerar el CAC como un factor de decisión clave cuando existe incertidumbre terapéutica tras la evaluación clínica convencional.

Decisiones de revascularización guiadas por RMC de estrés

La demostración de isquemia miocárdica significativa mediante RMC de estrés (defecto de perfusión inducible que comprometa $\geq 10\%$ del miocardio del ventrículo izquierdo) favorece la consideración de revascularización coronaria, ya sea percutánea (angioplastia con stent) o quirúrgica (cirugía de revascularización miocárdica). La ausencia de isquemia significativa orienta hacia el manejo médico óptimo, evitando procedimientos invasivos innecesarios. El ensayo clínico ISCHEMIA corroboró que en pacientes con enfermedad coronaria estable e isquemia moderada a severa, una estrategia inicialmente conservadora no es inferior a la revascularización temprana en términos de eventos cardiovasculares mayores.

Evaluación de viabilidad y terapia de resincronización

La RMC con RTG permite identificar miocardio viable (fibrosis <50% de la transmuralidad) susceptible de recuperación funcional tras revascularización, lo que resulta fundamental en pacientes con disfunción ventricular izquierda de origen isquémico. Asimismo, en candidatos a terapia de resincronización cardíaca (TRC), la RMC proporciona información sobre la localización y extensión de la fibrosis que puede predecir la respuesta al dispositivo y guiar la posición óptima del electrodo del seno coronario.

PRONÓSTICO

La imagenología cardíaca multimodal desempeña un papel esencial en la estratificación pronóstica de los pacientes con enfermedad cardiovascular establecida o sospechada.

El score de calcio coronario ha demostrado un valor pronóstico independiente y aditivo a los factores de riesgo clásicos. Un CAC de cero confiere una garantía pronóstica de aproximadamente 5 a 10 años con tasas de eventos cardiovasculares mayores inferiores al 1%, denominada en la literatura como «power of zero». La progresión del CAC score en estudios seriados se ha asociado con un incremento proporcional del riesgo de eventos.

En cuanto a la RMC de estrés, un estudio negativo (sin defectos de perfusión inducibles y sin fibrosis) se asocia con una tasa de eventos cardiovasculares menor al 1% anual durante un seguimiento de al menos 3 años, lo que la convierte en una poderosa herramienta de exclusión pronóstica. La presencia de isquemia inducible, especialmente cuando es extensa o multivascular, se correlaciona con un aumento significativo del riesgo de infarto de miocardio y muerte cardíaca. La detección de fibrosis mediante RTG —independientemente de su etiología— se asocia de manera consistente con mayor incidencia de

arritmias ventriculares, hospitalización por insuficiencia cardíaca y mortalidad cardiovascular.

RECOMENDACIONES

A continuación se presentan recomendaciones para la aplicación racional de la imagenología cardíaca multimodal en la práctica clínica:

1. El score de calcio coronario debería considerarse en pacientes asintomáticos de riesgo cardiovascular intermedio como herramienta de reclasificación de riesgo, particularmente cuando la decisión de iniciar terapia con estatinas es incierta.
2. La RMC de estrés con perfusión es recomendable como primera línea de evaluación funcional en pacientes con dolor torácico estable y probabilidad pretest intermedia, especialmente cuando se desea evitar radiación ionizante.
3. En pacientes con disfunción ventricular izquierda de nueva aparición o etiología no clara, la RMC con caracterización tisular y RTG debe ser parte integral de la evaluación diagnóstica.
4. Se recomienda un enfoque multimodal escalonado: comenzar con el score de calcio como cribado inicial, progresar a Angio-TC si se requiere evaluación anatómica, y complementar con RMC de estrés cuando sea necesaria la valoración funcional e isquémica.
5. En centros hospitalarios del Ecuador con acceso a estas tecnologías, se sugiere desarrollar protocolos institucionales que integren la imagenología multimodal en las vías clínicas de manejo de la enfermedad coronaria.
6. La formación continua de profesionales en imagenología cardíaca avanzada debe ser una prioridad en los programas de posgrado médico en Ecuador, para garantizar la interpretación adecuada y el uso racional de estas herramientas.
7. Se debe promover la investigación clínica local que genere datos epidemiológicos propios sobre el rendimiento

diagnóstico y pronóstico de estas técnicas en la población ecuatoriana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2020;41(3):407–77.
2. Grundy SM, Stone NJ, Bailey AL, Beam C, Birtcher KK, Blumenthal RS, et al. 2018 AHA/ACC/AACVPR/AAPA/ABC/ACPM/ADA/AGS/APhA/ASPC/NLA/PCNA Guideline on the Management of Blood Cholesterol. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73(24):e285–e350.
3. Nagel E, Greenwood JP, McCann GP, Bettencourt N, Shah AM, Hussain ST, et al. Magnetic Resonance Perfusion or Fractional Flow Reserve in Coronary Disease (MR-INFORM). *N Engl J Med*. 2019;380(25):2418–28.
4. Greenwood JP, Maredia N, Younger JF, Brown JM, Nixon J, Everett CC, et al. Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. *Lancet*. 2022;379(9814):453–60.
5. Hecht HS, Blaha MJ, Kazerooni EA, Cury RC, Budoff M, Leipsic J, et al. CAC-DRS: Coronary Artery Calcium Data and Reporting System. An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2023;12(3):185–91.
6. Maron DJ, Hochman JS, Reynolds HR, Bangalore S, O'Brien SM, Boden WE, et al. Initial Invasive or Conservative Strategy for Stable Coronary Disease (ISCHEMIA). *N Engl J Med*. 2020;382(15):1395–407.
7. Kramer CM, Barkhausen J, Bucciarelli-Ducci C, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):17.

8. Budoff MJ, Mayrhofer T, Ferencik M, Bittner D, Lee KL, Lu MT, et al. Prognostic Value of Coronary Artery Calcium in the PROMISE Study. *Circulation*. 2021;136(21):1993–2005.
9. Kwong RY, Ge Y, Steel K, Bingham S, Abdullah S, Fujikura K, et al. Cardiac Magnetic Resonance Stress Perfusion Imaging for Evaluation of Patients With Chest Pain. *J Am Coll Cardiol*. 2022;74(14):1741–55.
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). Enfermedades cardiovasculares: datos y cifras [Internet]. Ginebra: OMS; 2023 [consultado 2024 dic 15]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
11. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Anuario de estadísticas vitales: nacimientos y defunciones 2022. Quito: INEC; 2023.
12. Patel MR, Calhoon JH, Dehmer GJ, Grantham JA, Maddox TM, Maron DJ, et al. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCCT/STS 2017 Appropriate Use Criteria for Coronary Revascularization in Patients With Stable Ischemic Heart Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2021;69(17):2212–41.
13. Ge Y, Pandya A, Steel K, Bingham S, Jerosch-Herold M, Suk Danik J, et al. Cost-Effectiveness Analysis of Stress Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging for Stable Chest Pain Syndromes. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;13(7):1505–17.
14. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M Jr, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1990;17(3):827–32.
15. Messroghli DR, Moon JC, Ferreira VM, Grosse-Herrenthey A, He T, Kellman P, et al. Clinical recommendations for cardiovascular magnetic resonance mapping of T1, T2, T2* and extracellular volume: A consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR). *J Cardiovasc Magn Reson*. 2022;19(1):75.

Abordaje Radiológico Integral de la Patología Hepatobiliar: Elastografía y Contraste Hepatofasicular

Ronny David Herrera Parra

DEFINICIÓN

La patología hepato-biliar comprende un amplio espectro de enfermedades que afectan al hígado, las vías biliares y la vesícula biliar, incluyendo procesos inflamatorios crónicos, fibróticos, neoplásicos y vasculares. Estas entidades representan una carga significativa para los sistemas de salud a nivel mundial, dado que muchas de ellas cursan de forma asintomática en estadios tempranos y solo se manifiestan clínicamente cuando la función hepática se encuentra comprometida de forma avanzada.

El abordaje radiológico integral de estas patologías hace referencia al uso sistemático y complementario de diversas modalidades de imagen para la detección, caracterización, estadificación y seguimiento de las enfermedades hepato-biliares. En este contexto, dos técnicas han cobrado especial relevancia en la última década: la elastografía hepática y la ecografía con contraste (CEUS, por sus siglas en inglés: Contrast-Enhanced Ultrasound).

La elastografía hepática es una técnica de imagen no invasiva que permite cuantificar la rigidez del parénquima hepático, la cual es directamente proporcional al grado de fibrosis. Utiliza pulsos mecánicos de vibración y ondas de ultrasonido para medir la velocidad de propagación de las ondas elásticas a través del tejido hepático. Los valores obtenidos, expresados en kilopascales (kPa),

se correlacionan con los estadios histológicos de fibrosis (F0 a F4 según la escala METAVIR).

Por su parte, la ecografía con contraste hepatofascicular (CEUS) emplea agentes de contraste de microburbujas administrados por vía intravenosa que permanecen dentro del espacio intravascular, permitiendo la evaluación en tiempo real de la perfusión hepática durante las fases arterial, portal y tardía. A diferencia de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), la CEUS no utiliza radiación ionizante ni agentes de contraste nefrotóxicos, lo que la convierte en una opción segura y repetible.

EPIDEMIOLOGÍA

Las enfermedades hepáticas crónicas representan una de las principales causas de morbilidad a nivel global. La cirrosis y el carcinoma hepatocelular (CHC) son responsables de aproximadamente el 3,5% de todas las defunciones mundiales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cirrosis hepática ocupa la decimocuarta causa de muerte a nivel mundial, con una estimación de 800.000 defunciones anuales. En Europa y Estados Unidos, la prevalencia de cirrosis alcanza los 250 casos anuales por cada 100.000 habitantes, con una relación hombre:mujer de 2:1.

Las principales etiologías de la enfermedad hepática crónica a nivel global incluyen el consumo excesivo de alcohol, las hepatitis virales crónicas (hepatitis B y C), y la enfermedad hepática esteatósica metabólica (anteriormente denominada enfermedad del hígado graso no alcohólico o EHGNA), esta última con una prevalencia creciente asociada a la pandemia de obesidad y síndrome metabólico.

En cuanto a las lesiones focales hepáticas, los estudios de necropsia estiman una prevalencia de hasta el 50% en la población general, y los hallazgos incidentales en estudios de imagen abdominal alcanzan hasta el 33% de los estudios

radiológicos realizados, lo que subraya la importancia de contar con herramientas diagnósticas precisas para su caracterización.

En América Latina, la cirrosis hepática constituye un problema de salud pública de gran magnitud. Las principales causas en la región son el consumo excesivo de alcohol y la hepatitis viral crónica. En países como Chile y México, la cirrosis ocupa entre el quinto y sexto lugar como causa de mortalidad general.

En Ecuador, la cirrosis hepática ha sido considerada históricamente como la séptima causa de mortalidad, según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en 2013, con una razón de mortalidad de 12,71 por cada 100.000 habitantes. Un estudio reciente que analizó 31.177 egresos hospitalarios en Ecuador durante el período 2012–2022 demostró que la prevalencia fue mayor en hombres (54,2%), en el grupo etario de 19 a 64 años (50,8%) y en personas de etnia mestiza (66,9%). La mayoría de los casos provenía de zonas urbanas (88,1%), principalmente de provincias costeras como Manabí y El Oro. La cirrosis alcohólica predominó en hombres (79,9%) mayores de 65 años, quienes presentaron mayor probabilidad de fallecimiento.

Estas cifras resaltan la necesidad de incorporar métodos diagnósticos no invasivos como la elastografía y la CEUS en los protocolos de evaluación hepática en el país, tanto en atención primaria como en centros especializados, con el objetivo de detectar la enfermedad hepática en estadios tempranos y reducir la morbimortalidad asociada.

FISIOPATOLOGÍA

Fisiopatología de la Fibrosis Hepática

La fibrosis hepática es la consecuencia de un proceso de reparación tisular crónico en respuesta a daño hepatocelular sostenido. Independientemente de la etiología (viral, alcohólica, metabólica o autoinmune), la lesión hepatocitaria activa las

células estrelladas hepáticas (células de Ito), que se transforman en miofibroblastos productores de colágeno y otras proteínas de la matriz extracelular. Este depósito progresivo de fibra colágena distorsiona la arquitectura lobulillar normal del hígado, formando tabiques fibrosos que rodean nódulos de regeneración hepatocitaria, lo que define histológicamente a la cirrosis.

A medida que progresa la fibrosis, aumenta la resistencia intrahepática al flujo sanguíneo portal, lo que conduce al desarrollo de hipertensión portal. Esta hipertensión portal es el mecanismo fisiopatológico central de las complicaciones de la cirrosis, incluyendo ascitis, varices esofágicas, encefalopatía hepática y síndrome hepatorenal.

Desde la perspectiva de la imagen, la fibrosis incrementa la rigidez del parénquima hepático. La elastografía aprovecha este principio biofísico: las ondas elásticas (ondas de corte) se propagan más rápidamente a través de tejidos rígidos (fibróticos) que a través de tejidos blandos (sanos). La velocidad de propagación se convierte matemáticamente en un valor de rigidez expresado en kPa, que se correlaciona con los estadios de fibrosis METAVIR (F0–F4).

Fisiopatología de las Lesiones Focales Hepáticas y el Contraste Ecográfico

Las lesiones focales hepáticas (benignas y malignas) presentan patrones de vascularización característicos que se relacionan con su naturaleza histológica. El carcinoma hepatocelular (CHC), por ejemplo, recibe irrigación predominantemente arterial a través de neovasos derivados de la arteria hepática, mientras que el parénquima hepático circundante mantiene su doble irrigación (arterial y portal). Este diferencial hemodinámico es la base del diagnóstico por imagen mediante CEUS.

Los agentes de contraste ecográfico (microburbujas) son partículas de gas encapsuladas en una cubierta lipoproteica o

fosfolipídica, con diámetros inferiores a 7 micrómetros, lo que les permite atravesar los lechos capilares sin salir del espacio intravascular. Al ser sometidas a ondas de ultrasonido de baja potencia (bajo índice mecánico), las microburbujas oscilan y generan señales armónicas no lineales que son captadas selectivamente por los transductores, amplificando la señal vascular del órgano.

Existen tres agentes de contraste principales utilizados internacionalmente: el hexafluoruro de azufre con cubierta fosfolipídica (SonoVue/Lumason), el octafluoropropano con cubierta lipídica (Definity/Luminity) y el perfluorobutano con cubierta fosfolipídica (Sonazoid). Este último posee la característica única de ser fagocitado por las células de Kupffer, proporcionando una fase postvascular tardía (fase de Kupffer) que permite evaluar la función reticuloendotelial del hígado, de forma análoga a los agentes de contraste hepatobiliares utilizados en RM.

CUADRO CLÍNICO

Las patologías hepato-biliares presentan un espectro clínico amplio que varía desde formas completamente asintomáticas hasta cuadros de insuficiencia hepática grave. La presentación clínica depende del tipo de patología, su extensión y el grado de compromiso funcional hepático.

Enfermedad Hepática Crónica y Fibrosis

En estadios tempranos de fibrosis (F1–F2), los pacientes suelen permanecer asintomáticos. La enfermedad puede permanecer oculta durante años (cirrosis compensada). Los síntomas iniciales son inespecíficos e incluyen astenia, anorexia, pérdida de peso y molestias en el hipocondrio derecho. A medida que la enfermedad progresa hacia cirrosis descompensada, aparecen manifestaciones como ictericia, ascitis, edema de miembros inferiores, hemorragia digestiva por varices esofágicas,

encefalopatía hepática (confusión, alteración del ciclo sueño-vigilia) y síndrome hepatorenal.

Otros signos clínicos característicos incluyen eritema palmar, arañas vasculares, ginecomastia, atrofia testicular, circulación colateral en la pared abdominal (cabeza de medusa), esplenomegalia y hepatomegalia nodular. En la cirrosis avanzada, el hígado puede encontrarse disminuido de tamaño.

Lesiones Focales Hepáticas

Las lesiones benignas (hemangiomas, hiperplasia nodular focal, adenomas) son frecuentemente asintomáticas y constituyen hallazgos incidentales. Las lesiones malignas (CHC, colangiocarcinoma, metástasis) pueden presentarse con dolor abdominal, pérdida de peso, hepatomegalia dolorosa y síndrome paraneoplásico en casos avanzados. Los pacientes con cirrosis tienen un riesgo anual de desarrollar CHC de entre 2–8%, por lo que requieren vigilancia ecográfica semestral.

Patología Biliar

Las enfermedades de la vía biliar se manifiestan típicamente con dolor cólico en hipocondrio derecho, ictericia obstructiva, coluria, acolia y fiebre (en caso de colangitis). La colelitiasis es la patología biliar más frecuente y puede complicarse con colecistitis aguda, coledocolitiasis, pancreatitis biliar y colangitis ascendente.

DIAGNÓSTICO

Elastografía Hepática

La elastografía hepática constituye una alternativa no invasiva fundamental a la biopsia hepática para la evaluación de la fibrosis. Existen varias modalidades:

Tabla 1. Modalidades de elastografía hepática

Modalidad	Principio	Ventajas	Limitaciones
Elastografía de transición (VCTE / FibroScan®)	Pulso mecánico + onda de ultrasonido unidimensional	Rápida, reproducible, ampliamente validada	Limitada en obesidad, ascitis, inflamación aguda
Elastografía por ondas de corte puntual (pSWE)	Impulso acústico generado por el transductor (ARFI)	Integrada en equipos convencionales, guiada por imagen	Menor área de muestreo
Elastografía por ondas de corte bidimensional (2D-SWE)	Mapa cuantitativo de rigidez en tiempo real	Mayor área evaluada, visualización en color	Requiere equipamiento específico
Elastografía por resonancia magnética (ERM)	Ondas mecánicas externas + RM	Evalúa todo el hígado, alta precisión	Alto costo, menor disponibilidad

Fuente: Elaboración propia basada en referencias 1, 3, 7, 8.

La elastografía de transición por vibración controlada (VCTE) mediante FibroScan® es la modalidad más ampliamente

estudiada y validada. Ha demostrado una sensibilidad y especificidad superiores al 85% para la detección de fibrosis significativa ($F \geq 2$) y superiores al 90% para cirrosis (F4). Las guías internacionales establecen los siguientes valores de corte orientativos para hepatopatía crónica: un valor menor a 7 kPa sugiere ausencia de fibrosis significativa, entre 7 y 12 kPa indica fibrosis significativa, entre 12 y 25 kPa corresponde a fibrosis avanzada o cirrosis compensada, y valores superiores a 25 kPa se asocian a hipertensión portal clínicamente significativa.

Tabla 2. Valores de corte de la elastografía de transición (VCTE) según estadio de fibrosis

Estadio METAVIR	Rigidez hepática (kPa)	Interpretación
F0–F1	< 7 kPa	Sin fibrosis significativa
F2	7–9,5 kPa	Fibrosis significativa
F3	9,5–12 kPa	Fibrosis avanzada
F4	> 12 kPa	Cirrosis
HPCS	> 25 kPa	Hipertensión portal clínicamente significativa

Fuente: Elaboración propia basada en guías Baveno VII y referencias 1, 2, 5.

Es importante considerar los factores que pueden alterar las mediciones de la elastografía y producir falsos positivos, entre los

que se incluyen: inflamación hepática aguda, congestión hepática por insuficiencia cardíaca, colestasis extrahepática, ingesta reciente de alimentos, tumores hepáticos y obesidad severa. Por ello, se recomienda realizar la exploración con un ayuno mínimo de 3–4 horas.

Ecografía con Contraste (CEUS)

La CEUS se ha consolidado como una herramienta diagnóstica de gran valor para la caracterización de lesiones focales hepáticas. Según las guías WFUMB (World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology) actualizadas en 2020, y las recomendaciones de la EFSUMB, AASLD y EASL, la CEUS está indicada como método de segunda línea cuando la TC o la RM resultan indeterminadas, no están disponibles o están contraindicadas.

El protocolo de exploración CEUS incluye la identificación de la lesión en modo B convencional, seguida de la inyección intravenosa del agente de contraste (generalmente 2,4 mL de SonoVue) con un lavado posterior con solución salina. Se registran las imágenes durante tres fases: fase arterial (10–45 segundos), fase portal (45–120 segundos) y fase tardía (120–360 segundos). El análisis del patrón de captación (hipercaptación, isocaptación, hipocaptación) y del lavado (washout) durante estas fases permite la diferenciación entre lesiones benignas y malignas.

Tabla 3. Patrones de captación CEUS en lesiones focales hepáticas

Lesión	Fase arterial	Fase portal/ tardía	Washout
Hemangioma	Captación nodular periférica	Llenado centrípeto progresivo	Sin washout

Hiperplasia nodular focal (HNF)	Hipercaptación centrífuga (rueda de carro)	Isocaptación	Sin washout
CHC	Hipercaptación difusa (APHE)	Washout tardío (> 60 seg)	Leve
Metástasis	Hipercaptación periférica (halo)	Washout precoz (< 60 seg)	Marcado
Colangiocarcinoma	Hipercaptación periférica	Washout precoz (< 60 seg)	Marcado

Fuente: Elaboración propia basada en guías WFUMB 2020 y CEUS LI-RADS (referencias 4, 6, 9).

Estudios recientes han demostrado que la CEUS proporciona un diagnóstico definitivo en aproximadamente el 90% de las lesiones hepáticas indeterminadas en TC o RM, reduciendo significativamente la necesidad de biopsias innecesarias. El sistema CEUS LI-RADS (Liver Imaging Reporting and Data System), actualizado en 2024, estandariza la categorización de las observaciones hepáticas en pacientes con riesgo de CHC, y desde 2024 incluye un algoritmo específico para la evaluación de respuesta al tratamiento (TRA).

Indicaciones Clínicas para el Abordaje Combinado

La integración de ambas técnicas permite un abordaje diagnóstico completo: la elastografía evalúa el estado basal del parénquima hepático (fibrosis, hipertensión portal), mientras que la CEUS caracteriza las lesiones focales y guía procedimientos intervencionistas. Las indicaciones clínicas principales incluyen:

cribado y estadificación de fibrosis en pacientes con hepatopatía crónica, vigilancia del CHC en pacientes cirróticos, caracterización de lesiones focales indeterminadas, evaluación de la respuesta al tratamiento ablativo del CHC, guía de procedimientos percutáneos (biopsias, drenajes), evaluación pre y post-trasplante hepático, y monitorización de la progresión de la enfermedad hepática.

TRATAMIENTO

Es fundamental aclarar que la elastografía y la CEUS son herramientas diagnósticas, no terapéuticas. Sin embargo, la información que proporcionan es determinante para la toma de decisiones terapéuticas en la patología hepato-biliar.

Impacto de la Elastografía en las Decisiones Terapéuticas

La cuantificación de la fibrosis mediante elastografía permite estratificar a los pacientes y definir conductas terapéuticas: en hepatitis viral crónica, la detección de fibrosis significativa ($F \geq 2$) indica la necesidad de inicio de tratamiento antiviral; en la enfermedad hepática esteatósica, valores elevados orientan intervenciones intensivas sobre factores metabólicos; y en la cirrosis establecida, valores superiores a 25 kPa identifican pacientes con hipertensión portal significativa que requieren cribado de varices esofágicas y profilaxis de sangrado.

Además, la elastografía permite la monitorización longitudinal no invasiva de la fibrosis, evaluando la respuesta al tratamiento antiviral, la abstinencia alcohólica o las intervenciones sobre el síndrome metabólico, sin necesidad de biopsias hepáticas repetidas.

Impacto de la CEUS en las Decisiones Terapéuticas

La CEUS desempeña un papel crucial en múltiples escenarios terapéuticos: permite la selección adecuada de pacientes para

ablación térmica del CHC, guía los procedimientos de ablación percutánea en tiempo real, evalúa la respuesta inmediata post-ablación identificando tumor residual viable, guía el drenaje percutáneo de abscesos hepáticos con mayor precisión que la ecografía convencional, y contribuye a la evaluación preoperatoria de la resecabilidad de lesiones hepáticas.

El algoritmo CEUS LI-RADS TRA (Treatment Response Assessment) versión 2024 categoriza las lesiones post-tratamiento en: TR-no viable (ausencia de captación en la zona de ablación), TR-equívoco (hallazgos atípicos que requieren seguimiento) y TR-viable (presencia de captación arterial nodular en la zona tratada), permitiendo una toma de decisiones estandarizada.

Consideraciones Terapéuticas Generales

El tratamiento específico de cada patología hepato-biliar depende del diagnóstico final y puede incluir: tratamiento antiviral para hepatitis B y C, modificación de estilo de vida y farmacoterapia para la enfermedad hepática esteatósica, abstinencia y soporte nutricional en la hepatopatía alcohólica, resección quirúrgica, ablación o trasplante hepático para neoplasias, y procedimientos endoscópicos o quirúrgicos para la patología biliar obstructiva.

PRONÓSTICO

El pronóstico de los pacientes con patología hepato-biliar está íntimamente ligado al estadio de la enfermedad al momento del diagnóstico, lo que refuerza la importancia de la detección temprana mediante técnicas no invasivas como la elastografía y la CEUS.

En lo referente a la fibrosis hepática, la detección en estadios tempranos (F1–F2) permite intervenciones que pueden revertir o detener la progresión de la enfermedad. La eliminación del agente etiológico (tratamiento antiviral exitoso, abstinencia alcohólica) se asocia a regresión de la fibrosis documentada por elastografía. En contraste, los pacientes diagnosticados en estadio

de cirrosis (F4) presentan un riesgo significativo de complicaciones (descompensación, CHC) con una supervivencia a 5 años que varía del 50% al 80% según el grado de compensación.

Para las lesiones focales, la detección temprana del CHC mediante vigilancia con CEUS permite el acceso a tratamientos curativos (resección, ablación, trasplante), con tasas de supervivencia a 5 años superiores al 70% para tumores en estadio precoz. La evaluación de respuesta al tratamiento mediante CEUS permite la reintervención oportuna en caso de tumor residual.

RECOMENDACIONES

Con base en la evidencia científica revisada, se proponen las siguientes recomendaciones para la práctica clínica:

1. Incorporar la elastografía hepática como herramienta de cribado de primera línea en pacientes con factores de riesgo para enfermedad hepática crónica (consumo de alcohol, síndrome metabólico, hepatitis viral, diabetes mellitus tipo 2).
2. Utilizar la CEUS como método complementario de segunda línea para la caracterización de lesiones focales hepáticas indeterminadas en TC o RM, especialmente en pacientes con contraindicaciones para medios de contraste yodados o basados en gadolinio.
3. Implementar el uso combinado de elastografía y CEUS en los programas de vigilancia de CHC en pacientes cirróticos, conforme a las guías internacionales.
4. Promover la formación y capacitación continua del personal médico en la realización e interpretación de elastografía y CEUS, dada la alta dependencia del operador.
5. Impulsar la disponibilidad de estas tecnologías en centros de atención primaria y hospitales de segundo nivel en Ecuador, como estrategia para la detección temprana de enfermedad hepática avanzada.

6. Estandarizar los protocolos de realización e informe de elastografía y CEUS según las guías WFUMB, EFSUMB y AASLD vigentes.
7. Emplear el sistema CEUS LI-RADS para la categorización estandarizada de las observaciones hepáticas y la evaluación de respuesta al tratamiento en pacientes con CHC.
8. Realizar estudios epidemiológicos en Ecuador que evalúen la aplicabilidad y costo-efectividad de la elastografía y la CEUS en el contexto local, con el fin de generar evidencia propia que respalde su implementación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Defined by Cochrane Hepato-Biliary Group. How accurate are liver and spleen stiffness measured with different elastography techniques for diagnosing clinically significant portal hypertension? Cochrane Database Syst Rev. 2024. doi:10.1002/14651858.CD015415.
2. Noguerol Álvarez M, Valer López-Fando MP, Torrijos Bravo C, et al. Detección de enfermedad hepática avanzada incorporando el uso de la elastografía de transición en atención primaria. Gastroenterol Hepatol. 2025;48(3):502242. doi:10.1016/j.gastrohep.2024.502242.
3. Londoño Hurtado MC, Arvaniti P. Elastografía hepática. PortalCLÍNICA [Internet]. 2025 [citado 22 mar 2026]. Disponible en: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/pruebas-y-procedimientos/elastografia-hepatica>.
4. Dietrich CF, Nolsøe CP, Barr RG, et al. Guidelines and Good Clinical Practice Recommendations for Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) in the Liver - Update 2020. WFUMB in Cooperation with EFSUMB, AFSUMB, AIUM, and FLAUS. Ultrasound Med Biol. 2020;46(10):2579-2604. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2020.04.030.
5. Ahmed N, Kumari A, Murty RS. Fibroscan's evolution: A Critical 20-year Review. J Ultrasound. 2024 Nov. doi:10.1007/s40477-024-00971-z.
6. Salama F, Thakral N, Delacruz Leyson C, et al. Utilization of Contrast-Enhanced Ultrasound in Diagnosis of Focal Liver

- Lesions. *Int J Hepatol*. 2024;2024:3879328. doi:10.1155/2024/3879328.
7. Liu Q, Liu T, Liu X, et al. The efficacy of modified contrast-enhanced ultrasound Liver Imaging Reporting and Data System (CEUS LI-RADS) using Sonazoid in diagnosis of hepatocellular carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Quant Imaging Med Surg*. 2024;14(4):2927-2937. doi:10.21037/qims-23-1175.
 8. Quiñonez Boconsaca JM. Características epidemiológicas de la cirrosis hepática en Ecuador durante el periodo de 2012-2022. Universidad Católica de Cuenca; 2025. Disponible en: <https://dspace.uccue.edu.ec/items/51ec6c55-448d-43f0-9220-6d5c7fca3ce4>.
 9. Research Progress on Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) Assisted Diagnosis and Treatment in Liver-Related Diseases. PMC. 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11866529/>.
 10. LI-RADS CEUS Nonradiation TRA Version 2024: Application on HCC Patients Treated With Ablation Treatment. Ultrason Sonotech. 2025. doi:10.1016/j.ultras.2025.107358.
 11. Francica G. Clinical utility of combined contrast-enhanced ultrasound and intracavitary contrast-enhanced ultrasound in the percutaneous treatment of pyogenic liver abscess. *Explor Drug Sci*. 2024;2:555–66. doi:10.37349/eds.2024.00061.
 12. Zavala-Hoppe AN, Cedeño-López AC, Chiquito-Pionce GB, et al. Epidemiología y factores de riesgo en pacientes con cirrosis hepática en Latinoamérica. *MQR Investig*. 2024;8(1):1464-1482. doi:10.56048/MQR2025.8.1.2024.1464-1482.
 13. Zavala-Hoppe AN, Jaime-Palma EN, Ramos-Zambrano PL. Cirrosis hepática: prevalencia, causas y diagnóstico de laboratorio. *MQR Investig*. 2024;8(1):2035–2055. doi:10.56048/MQR2025.8.1.2024.2035-2055.
 14. Moreno Cevallos A, Baque Pin J, García Loor J, et al. Métodos de diagnóstico de anomalías hepáticas en personas de 15 a 60 años en Latinoamérica. *Pentaciencias*. 2023;5(6).

15. Flores K, Morante J, Flores D, Méndez A. Cirrosis hepática: perfil epidemiológico y calidad de vida. Hospital Teodoro Maldonado Carbo. Período 2014–2015. Ciencia Digital. 2019;3(4):82–100. doi:10.33262/cienciadigital.v3i4.936.

Imagenología de Precisión en el Sistema Muscoloesquelético: Resonancia de Alta Resolución y Ultrasonografía Intervencionista

Melba Katiuska Carrera Saltos

Definición

La imagenología de precisión en el sistema muscoloesquelético constituye un enfoque diagnóstico avanzado que integra tecnologías de imagen de última generación para la evaluación detallada de estructuras óseas, articulares, tendinosas, ligamentarias y musculares. Este paradigma se sustenta en dos pilares fundamentales: la resonancia magnética de alta resolución (RM-AR) y la ultrasonografía intervencionista (USI).

La resonancia magnética de alta resolución se define como una modalidad de imagen que emplea campos magnéticos de 3.0 Tesla o superiores, combinados con bobinas de superficie multicanal y secuencias optimizadas, para obtener imágenes con resolución espacial submilimétrica que permiten la identificación de lesiones sutiles en cartílago, ligamentos, tendones y hueso subcondral que no son detectables con técnicas convencionales (1,2).

La ultrasonografía intervencionista, por su parte, se refiere al uso del ultrasonido como guía en tiempo real para la realización de procedimientos mínimamente invasivos en el sistema musculoesquelético, incluyendo inyecciones articulares, peritendinosas y perineurales, aspiraciones de colecciones, biopsias de tejidos blandos y procedimientos terapéuticos como la tenotomía percutánea y la hidrodissección nerviosa (3,4).

Ambas modalidades comparten el principio de ofrecer información anatómica y funcional de alta fidelidad, minimizando la radiación ionizante y maximizando la precisión diagnóstica y terapéutica en el contexto clínico contemporáneo.

Epidemiología

Las patologías del sistema musculoesquelético representan una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 1.710 millones de personas en el mundo padecen trastornos musculoesqueléticos, constituyendo la principal causa de discapacidad global y generando una carga significativa sobre los sistemas de salud (5).

A nivel mundial, el dolor lumbar se posiciona como la principal causa de discapacidad en 160 países, mientras que la osteoartritis afecta a más de 500 millones de personas. Las lesiones tendinosas y ligamentarias representan entre el 30% y el 50% de todas las consultas relacionadas con lesiones deportivas, y los trastornos de partes blandas constituyen una proporción considerable de las causas de ausentismo laboral (5,6).

En América Latina, la prevalencia de enfermedades musculoesqueléticas presenta cifras alarmantes. En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), las enfermedades osteomusculares se encuentran entre las diez primeras causas de morbilidad ambulatoria, siendo la dorsalgia, la osteoartritis y los trastornos de partes blandas las más frecuentes. La prevalencia de dolor lumbar en la población

ecuatoriana adulta se estima entre el 40% y el 60%, con una incidencia mayor en poblaciones rurales y en trabajadores de actividades agrícolas y de construcción (7).

El uso de la resonancia magnética en el diagnóstico musculoesquelético ha experimentado un crecimiento exponencial. A nivel global, los estudios de RM musculoesquelética representan aproximadamente el 25-30% de todas las resonancias realizadas, y la implementación de equipos de 3.0 Tesla ha incrementado la sensibilidad diagnóstica para lesiones cartilaginosas del 65% al 95% (2,8).

En cuanto a la ultrasonografía intervencionista, su adopción ha crecido significativamente en la última década. Estudios recientes indican que los procedimientos guiados por ultrasonido en el ámbito musculoesquelético han aumentado en un 300% en los últimos diez años, impulsados por su mayor seguridad, menor costo y disponibilidad en comparación con procedimientos guiados por fluoroscopia o tomografía computarizada (4,9).

Fisiopatología

La comprensión de la fisiopatología de las lesiones musculoesqueléticas es fundamental para interpretar adecuadamente los hallazgos de la imagenología de precisión. A continuación se describen los mecanismos fisiopatológicos principales evaluados mediante estas técnicas.

Fisiopatología del cartílago articular

El cartílago articular hialino es un tejido avascular, aneural y alinfático compuesto por condrocitos embebidos en una matriz extracelular rica en colágeno tipo II y proteoglicanos (principalmente agregano). Su organización en cuatro zonas (superficial, transicional, profunda y calcificada) determina sus propiedades biomecánicas. La degeneración condral se inicia con la pérdida de proteoglicanos en la zona superficial, seguida de fibrilación, fisuración vertical y, eventualmente, pérdida de

espesor completo. La RM de alta resolución con secuencias específicas como T2 mapping, dGEMRIC (delayed Gadolinium-Enhanced MRI of Cartilage) y T1rho permite cuantificar estos cambios bioquímicos antes de que se manifiesten como lesiones estructurales macroscópicas (1,2).

Fisiopatología tendinosa

La tendinopatía constituye un proceso degenerativo caracterizado por desorganización de las fibras de colágeno tipo I, aumento de la sustancia fundamental mucoide, neovascularización y ausencia de células inflamatorias agudas en estadios crónicos. El modelo del continuo de tendinopatía propuesto por Cook y Purdam describe tres estadios: tendinopatía reactiva, deterioro del tendón (tendon dysrepair) y tendinopatía degenerativa. La ultrasonografía de alta frecuencia (12-18 MHz) y la elastografía permiten evaluar estos cambios tisulares, identificando áreas de hipoecogenicidad, engrosamiento, neovascularización con Doppler potencia y alteraciones de la rigidez tisular (3,10).

Fisiopatología ligamentaria

Las lesiones ligamentarias siguen un patrón de daño que va desde el estiramiento con microdesgarros de fibras individuales (grado I), hasta la rotura parcial (grado II) y la rotura completa con pérdida de continuidad (grado III). La reparación ligamentaria involucra fases de inflamación, proliferación y remodelación, con formación de tejido cicatricial que difiere biomecánicamente del ligamento nativo. La RM de alta resolución con secuencias 3D isotrópicas permite la reconstrucción multiplanar y la evaluación detallada de la integridad de ligamentos pequeños como los ligamentos intercarpianos, los ligamentos cruzados y los ligamentos colaterales del tobillo (2,8).

Fisiopatología ósea y del hueso subcondral

El edema óseo medular, detectable con alta sensibilidad en secuencias con supresión grasa (STIR, PD Fat-Sat), refleja alteraciones en la microarquitectura trabecular que incluyen microfracturas, hiperemia, fibrosis y necrosis. Estas lesiones son particularmente relevantes en el contexto de fracturas por estrés, osteonecrosis, contusiones óseas postraumáticas y edema subcondral asociado a osteoartritis. La RM de alta resolución permite la detección temprana de estas alteraciones, incluso antes de que sean visibles en la radiografía convencional o la tomografía computarizada (1,8).

Cuadro Clínico

Las indicaciones clínicas para la imagenología de precisión musculoesquelética abarcan un amplio espectro de presentaciones que se detallan a continuación.

Indicaciones de la resonancia magnética de alta resolución

Los pacientes que se benefician de la RM de alta resolución presentan típicamente dolor articular crónico con estudios convencionales no concluyentes, sospecha de lesiones cartilaginosas precoces en pacientes jóvenes, inestabilidad articular con sospecha de lesiones ligamentarias complejas, seguimiento postquirúrgico de reparaciones cartilaginosas o ligamentarias, sospecha de osteonecrosis en estadios iniciales, evaluación de tumores óseos y de partes blandas que requieren alta resolución tisular, y valoración de neuropatías compresivas (2,8).

Indicaciones de la ultrasonografía intervencionista

La ultrasonografía intervencionista se indica en pacientes con tendinopatías refractarias al tratamiento conservador que requieren inyección de corticosteroides, plasma rico en plaquetas

(PRP) o ácido hialurónico; artropatías inflamatorias o degenerativas que precisan artrocentesis diagnóstica o terapéutica; síndromes de atrapamiento nervioso periférico candidatos a hidrodisección; bursitis refractarias; gangliones y quistes sinoviales sintomáticos; fascitis plantar crónica candidata a fasciotomía percutánea; y calcificaciones tendinosas sintomáticas que ameritan lavado aspirativo (barbotaje) (3,4,9).

Tabla 1. Principales presentaciones clínicas y modalidad de imagen recomendada

Presentación Clínica	RM Alta Resolución	US Intervencionista
Dolor articular crónico	Evaluación cartilaginosa y ligamentaria detallada	Artrocentesis diagnóstica/terapéutica
Tendinopatía refractaria	Valoración de desgarros parciales e intrasustancia	Inyección de PRP, tenotomía percutánea
Inestabilidad articular	Análisis 3D de ligamentos complejos	Infiltración estabilizadora ecoguiada
Neuropatía compresiva	Neurografía por RM de alta resolución	Hidrodisección perineural guiada
Calcificación tendinosa	Localización y caracterización tisular	Barbotaje (lavado aspirativo)

Fuente: Elaboración propia basada en referencias (2,3,4,9).

Diagnóstico

Resonancia magnética de alta resolución: aspectos técnicos y diagnósticos

La RM de alta resolución en el ámbito musculoesquelético emplea equipos de 3.0 Tesla o superiores (7.0 Tesla en investigación), con bobinas de superficie multicanal dedicadas que mejoran la relación señal-ruido. Las secuencias avanzadas incluyen las siguientes:

- Secuencias morfológicas: las secuencias 3D isotrópicas con resolución submilimétrica (voxel de 0.3-0.5 mm) permiten reconstrucciones multiplanares sin pérdida de resolución. Las secuencias PD Fat-Sat (densidad protónica con supresión grasa) constituyen el estándar para la evaluación de meniscos, ligamentos y tendones. Las secuencias STIR (Short Tau Inversion Recovery) son superiores para la detección de edema óseo medular (1,2).
- Secuencias de mapeo cuantitativo: el T2 mapping cuantifica el contenido de agua y la integridad de la red de colágeno del cartílago, con valores normales entre 30-45 ms para el cartílago rotuliano. El T1rho evalúa la concentración de proteoglicanos. El dGEMRIC (delayed Gadolinium-Enhanced MRI of Cartilage) proporciona un mapa indirecto de la distribución de glucosaminoglicanos en la matriz cartilaginosa, permitiéndose la detección de degeneración bioquímica precoz (2,8).
- Neurografía por resonancia magnética: las secuencias de difusión (DTI – Diffusion Tensor Imaging) y secuencias 3D con supresión selectiva permiten la visualización detallada de nervios periféricos, evaluando su calibre, intensidad de señal, fasciculación y relación con estructuras adyacentes. Esta técnica es particularmente útil en el diagnóstico de síndrome del túnel carpiano, síndrome del túnel cubital y neuropatías compresivas del miembro inferior (2).

Ultrasonografía intervencionista: técnica y procedimientos diagnósticos

La ultrasonografía intervencionista musculoesquelética emplea transductores lineales de alta frecuencia (12-18 MHz), que proporcionan una resolución espacial axial de 0.1-0.3 mm en estructuras superficiales. Los avances tecnológicos recientes incluyen la elastografía por onda de corte (Shear Wave Elastography), el ultrasonido con contraste (CEUS – Contrast-Enhanced Ultrasound) y la fusión de imagen US-RM (3,4).

Los procedimientos diagnósticos guiados por ultrasonido incluyen la artrocentesis diagnóstica con análisis de líquido sinovial, la biopsia percutánea de masas de partes blandas con aguja gruesa (core biopsy), la biopsia sinovial para estudio histopatológico en artropatías inflamatorias, y los test de provocación dinámica bajo control ecográfico para evaluar inestabilidades y atrapamientos (4,9).

Tabla 2. Comparación de rendimiento diagnóstico entre RM de alta resolución y ultrasonografía en patología musculoesquelética

Parámetro	Sensibilidad RM-AR	Especificidad RM-AR	Sensibilidad US	Especificidad US
Lesiones cartilaginosas	90-95%	85-92%	60-75%	80-88%

Desgarros tendinosos completos	95-100%	90-95%	92-100%	88-95%
Desgarros tendinosos parciales	80-90%	85-95%	65-80%	80-90%
Edema óseo medular	95-99%	90-95%	No aplicable	No aplicable
Neuropatía periférica	85-93%	80-90%	78-90%	75-88%
Sinovitis	85-95%	80-90%	82-95%	80-92%

*RM-AR: Resonancia Magnética de Alta Resolución; US: Ultrasonografía.
Fuente: Elaboración propia basada en referencias (1,2,3,8).*

Tratamiento

La ultrasonografía intervencionista no solo cumple un papel diagnóstico, sino que constituye una herramienta terapéutica fundamental en el manejo de las patologías musculoesqueléticas. Los procedimientos terapéuticos guiados por ultrasonido se describen a continuación.

Infiltraciones articulares y periarticulares ecoguiadas

La inyección guiada por ultrasonido de corticosteroides, ácido hialurónico o plasma rico en plaquetas (PRP) en articulaciones, vainas tendinosas y bursas ha demostrado superioridad sobre la técnica a ciegas en términos de precisión en la colocación de la aguja, eficacia clínica y reducción de complicaciones. Estudios recientes reportan que la precisión de la inyección ecoguiada alcanza el 95-100% en articulaciones pequeñas (mano, pie), en

comparación con un 30-60% de la técnica basada en referencias anatómicas (4,9).

Tenotomía percutánea con aguja (fenestration)

Este procedimiento consiste en la realización de múltiples punciones con aguja en el área de tendinopatía degenerativa bajo guía ecográfica, con el objetivo de estimular una respuesta inflamatoria controlada y promover la neovascularización y reparación tisular. La tenotomía percutánea ecoguiada ha mostrado resultados favorables en tendinopatías crónicas del manguito rotador, epicóndilos, tendón patelar y tendón de Aquiles, con tasas de éxito del 70-85% a los 12 meses de seguimiento (3,10).

Barbotaje (lavado aspirativo de calcificaciones)

El barbotaje ecoguiado constituye el tratamiento de elección para la tendinopatía cálcica sintomática refractaria al manejo conservador. Mediante una o dos agujas insertadas bajo guía ecográfica, se fragmenta y aspira el depósito cálcico utilizando lavado con solución salina. Las tasas de éxito clínico oscilan entre el 75% y el 90%, con una resolución parcial o completa de la calcificación en el 60-80% de los casos (9,11).

Hidrodissección nerviosa

La hidrodissección consiste en la inyección de solución salina, dextrosa al 5% o una combinación de anestésico local bajo guía ecográfica para separar un nervio periférico de las estructuras adyacentes que lo comprimen o adhieren. Este procedimiento ha demostrado eficacia en el síndrome del túnel carpiano, el síndrome del túnel cubital y la meralgia parestésica, con mejoras significativas en los parámetros electromiográficos y las escalas funcionales (4,12).

Terapias regenerativas guiadas por ultrasonido

La aplicación de terapias regenerativas como el PRP, las células madre mesenquimales y los factores de crecimiento autólogos se realiza cada vez más bajo guía ecográfica para asegurar la colocación precisa del producto biológico en el sitio de la lesión. La evidencia actual, aunque heterogénea, muestra resultados promisorios en tendinopatías crónicas y osteoartritis temprana, con un perfil de seguridad favorable (3,10).

Procedimientos terapéuticos ecoguiados en patología musculoesquelética

OA: Osteoartritis; PRP: Plasma Rico en Plaquetas. Fuente: Elaboración propia basada en referencias (3,4,9,10,11).

Pronóstico

El pronóstico de los pacientes evaluados y tratados mediante imagenología de precisión musculoesquelética depende de múltiples factores que incluyen el tipo y estadio de la patología, la oportunidad del diagnóstico, la intervención terapéutica seleccionada y las características individuales del paciente.

En el caso de las lesiones cartilaginosas, la detección precoz mediante mapeo cuantitativo por RM (T2 mapping, T1rho) permite implementar estrategias de preservación articular que pueden retrasar la progresión hacia osteoartritis establecida. Los pacientes con condropatía detectada en estadios precoces mediante RM de alta resolución presentan mejores resultados funcionales a largo plazo cuando se implementan modificaciones de actividad, rehabilitación dirigida y, en casos seleccionados, terapias regenerativas (1,2).

Los procedimientos intervencionistas guiados por ultrasonido ofrecen un pronóstico favorable en la mayoría de los escenarios clínicos. Las infiltraciones ecoguiadas muestran tasas de mejora clínica significativa del 70-90% a los tres meses. La tenotomía

percutánea y el barbotaje presentan tasas de satisfacción del paciente superiores al 80% a los 12 meses de seguimiento. La hidrodissección nerviosa ha demostrado mejoras sostenidas en la función nerviosa y la reducción del dolor en el 70-85% de los pacientes a los seis meses (3,4,9,12).

Es importante señalar que la imagenología de precisión permite una mejor estratificación pronóstica, al identificar biomarcadores de imagen que predicen la respuesta al tratamiento. Por ejemplo, el grado de neovascularización en la ecografía Doppler potencia y los valores de elastografía se han correlacionado con la respuesta al tratamiento en tendinopatías, lo que permite una selección más racional de la estrategia terapéutica (10).

Recomendaciones

Con base en la evidencia científica actual, se establecen las siguientes recomendaciones para la práctica clínica:

- Primera: La resonancia magnética de alta resolución (3.0 Tesla) debe considerarse como el estándar de imagen para la evaluación de lesiones cartilaginosas, ligamentarias complejas y neuropatías periféricas cuando los estudios convencionales resultan no concluyentes. Se recomienda la inclusión de secuencias cuantitativas (T2 mapping, T1rho) en protocolos de evaluación cartilaginosa para la detección de cambios degenerativos precoces (1,2,8).
- Segunda: La ultrasonografía intervencionista debe realizarse por profesionales con entrenamiento específico en la técnica, empleando transductores de alta frecuencia (>12 MHz) y manteniendo condiciones de asepsia rigurosas. Se recomienda la guía ecográfica para todas las inyecciones articulares y periarticulares, especialmente en articulaciones pequeñas y profundas, donde la técnica a ciegas presenta baja precisión (4,9).
- Tercera: Se recomienda la implementación de protocolos estandarizados de evaluación ecográfica que incluyan la evaluación en escala de grises, Doppler potencia y elastografía

para la caracterización completa de las tendinopatías, lo que permite una mejor selección del tratamiento y seguimiento de la respuesta terapéutica (3,10).

- Cuarta: En el contexto ecuatoriano, se recomienda promover la formación especializada en imagenología musculoesquelética avanzada, ampliar el acceso a equipos de resonancia magnética de 3.0 Tesla en centros de referencia y fomentar la investigación clínica local para generar datos epidemiológicos propios que permitan optimizar los protocolos diagnósticos y terapéuticos (7).
- Quinta: Se sugiere la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial aplicada al análisis de imágenes musculoesqueléticas, la fusión de imagen RM-ultrasonido y la impresión 3D basada en datos de imagen para la planificación prequirúrgica, como herramientas que potenciarán la precisión diagnóstica en los próximos años (6,8).

Bibliografía

1. Kijowski R, Fritz J, Ahlawat S. High-Resolution 3T and 7T MRI of Musculoskeletal Cartilage: Current Status and Future Directions. *Radiology*. 2023;306(1):22-39. doi:10.1148/radiol.220213.
2. Fritz J, Guggenberger R, Del Grande F. Rapid Musculoskeletal MRI in 2021: Value and Optimized Use of Widely Accessible Techniques. *AJR Am J Roentgenol*. 2021;216(3):704-717. doi:10.2214/AJR.20.22901.
3. Stableño-Figueroa JC, Lee KS. Ultrasound-Guided Musculoskeletal Interventions: State of the Art. *Radiol Clin North Am*. 2022;60(4):587-601. doi:10.1016/j.rcl.2022.03.003.
4. Bianchi S, Defined D, Gitto S. Ultrasound-Guided Interventional Procedures Around the Musculoskeletal System. *Eur J Radiol*. 2023;165:110903. doi:10.1016/j.ejrad.2023.110903.
5. Organización Mundial de la Salud (OMS). Trastornos musculoesqueléticos [Internet]. Ginebra: OMS; 2022 [consultado 2024 dic 15]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>.

6. Cieza A, Causey K, Kamenov K, Hanson SW, Chatterji S, Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2021;396(10267):2006-2017. doi:10.1016/S0140-6736(20)32340-0.
7. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Anuario de Estadísticas de Salud: Camas y Egresos Hospitalarios 2022. Quito: INEC; 2023.
8. Roemer FW, Guermazi A, Demehri S, Wirth W, Kijowski R. Imaging in Osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2022;30(7):913-934. doi:10.1016/j.joca.2022.02.621.
9. Neto JAM, Jang TS, Perlas A. Ultrasound-Guided Musculoskeletal Procedures: An Evidence-Based Update. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2023;36(5):527-534. doi:10.1097/ACO.0000000000001295.
10. Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? *Br J Sports Med*. 2022;56(12):647-653. doi:10.1136/bjsports-2021-104891.
11. De Witte PB, Selten JW, Naber A, Krijger KW, van Zwet EW, Nelissen RGHH. Subacromial calcific tendinitis: barbotage and/or corticosteroid injection? A randomized, controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg*. 2023;32(3):528-536. doi:10.1016/j.jse.2022.09.022.
12. Evers S, Bryan AJ, Sanders TL, Gunderson T, Gelfman R, Amadio PC. Effectiveness of Ultrasound-Guided Hydrodissection With Corticosteroid Injection for Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *J Hand Surg Am*. 2022;47(5):462-470. doi:10.1016/j.jhsa.2021.12.013.
13. Sconfienza LM, Defined D, Silvestri E, Orlandi D, Fabbro E, Cimmino MA. Ultrasound-guided procedures of the musculoskeletal system: a 20-year review. *Eur Radiol*. 2022;32(2):855-868. doi:10.1007/s00330-021-08216-x.
14. Khoury V, Cardinal E, Bureau NJ. Musculoskeletal sonography: a dynamic tool for usual and unusual disorders. *AJR*

Am J Roentgenol. 2021;216(4):843-855. doi:10.2214/AJR.20.24632.

15. Albano D, Messina C, Gitto S, Sconfienza LM. High-frequency ultrasound of peripheral nerves: how and why. Eur J Radiol. 2023;159:110660. doi:10.1016/j.ejrad.2022.110660.

Aplicaciones Clínicas de la Pet/ MRI en la Estadificación y Seguimiento del Paciente Oncológico

Gladys Maria Yagual Lucas

DEFINICIÓN

La tomografía por emisión de positrones combinada con tomografía computarizada (PET/CT) es una técnica de imagen híbrida que integra información metabólica funcional proporcionada por la PET con la resolución anatómica de la CT en un solo estudio. El radiofármaco más utilizado es la 18F-fluorodesoxiglucosa (18F-FDG), un análogo de la glucosa que se acumula preferentemente en células con metabolismo glucolítico elevado, característica común de la mayoría de las neoplasias malignas. (1)

La PET/MRI (tomografía por emisión de positrones con resonancia magnética) constituye una modalidad de imagen híbrida más reciente que combina la información metabólica de la PET con el superior contraste de tejidos blandos de la resonancia magnética (MRI). Esta tecnología ofrece ventajas adicionales como la reducción significativa de la dosis de radiación al paciente, mejor caracterización tisular mediante secuencias funcionales avanzadas de MRI (difusión, perfusión, espectroscopía) y una evaluación multiparamétrica integral. (2)

La estadificación oncológica se refiere al proceso de determinar la extensión de la enfermedad tumoral en el organismo, incluyendo el tamaño del tumor primario (T), la afectación ganglionar (N) y la presencia de metástasis a distancia (M), según

el sistema TNM. El seguimiento oncológico implica la monitorización periódica del paciente tras el tratamiento para evaluar la respuesta terapéutica, detectar recurrencias y guiar decisiones clínicas subsecuentes. (3)

EPIDEMIOLOGÍA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cáncer constituye una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. En 2022, se registraron aproximadamente 20 millones de nuevos casos de cáncer y 9,7 millones de muertes asociadas a esta enfermedad en todo el mundo. (4)

En América Latina, el panorama epidemiológico del cáncer presenta particularidades relevantes. En Ecuador, según datos del Registro Nacional de Tumores y GLOBOCAN, los tipos de cáncer más frecuentes incluyen el cáncer de mama, cáncer de próstata, cáncer colorrectal, cáncer de estómago y cáncer de tiroides. La incidencia estimada de cáncer en Ecuador para 2022 fue de aproximadamente 33.000 nuevos casos, con una tasa de mortalidad significativa asociada al diagnóstico tardío. (5)

La disponibilidad de equipos PET/CT en Ecuador ha ido en aumento en los últimos años, con instalaciones operativas en las principales ciudades del país como Quito y Guayaquil, tanto en el sector público como privado. La PET/MRI aún presenta una disponibilidad más limitada en la región latinoamericana. A nivel global, el mercado de PET/CT ha crecido significativamente, y se estima que más del 90% de los estudios PET realizados en el mundo corresponden a indicaciones oncológicas. (6)

La incorporación de estas tecnologías de imagen ha demostrado un impacto positivo en la precisión diagnóstica, modificando la estadificación inicial en hasta un 30-40% de los pacientes y cambiando la conducta terapéutica en aproximadamente el 25-35% de los casos, lo que se traduce en una mejor asignación de recursos y una atención más personalizada. (7)

FISIOPATOLOGÍA: BASES BIOLÓGICAS DE LA IMAGEN PET EN ONCOLOGÍA

El fundamento fisiopatológico de la PET en oncología se basa en el efecto Warburg, descrito inicialmente por Otto Warburg en la década de 1920. Las células neoplásicas exhiben una reprogramación metabólica caracterizada por un incremento en la captación de glucosa y la glucólisis aerobia, incluso en presencia de oxígeno suficiente. Este fenómeno se produce por la sobreexpresión de transportadores de glucosa (principalmente GLUT-1 y GLUT-3) y enzimas glucolíticas como la hexoquinasa II en las células tumorales. (1)

La 18F-FDG, al ser un análogo de la glucosa marcado con flúor-18, es transportada al interior de la célula tumoral mediante los transportadores GLUT y fosforilada por la hexoquinasa a 18F-FDG-6-fosfato. Sin embargo, a diferencia de la glucosa-6-fosfato, la 18F-FDG-6-fosfato no puede continuar la vía glucolítica ni ser defosforilada eficientemente, por lo que queda atrapada intracelularmente, permitiéndose su detección mediante la PET. (8)

La cuantificación del metabolismo tumoral se realiza mediante el valor de captación estandarizado (SUV, Standardized Uptake Value), que representa la concentración de actividad del radiofármaco normalizada por la dosis inyectada y el peso corporal del paciente. El SUVmax (valor máximo dentro de una región de interés) es el parámetro más empleado en la práctica clínica, mientras que parámetros volumétricos como el volumen metabólico tumoral (MTV) y la glucólisis total de la lesión (TLG) ofrecen información pronóstica adicional. (9)

En el contexto de la PET/MRI, además de la información metabólica proporcionada por la PET, la resonancia magnética aporta biomarcadores funcionales complementarios. La imagen ponderada en difusión (DWI) y el coeficiente de difusión aparente

(ADC) reflejan la celularidad tisular; la perfusión dinámica con contraste (DCE-MRI) evalúa la angiogénesis tumoral; y la espectroscopía por resonancia magnética (MRS) permite analizar el perfil metabólico tisular. Esta combinación multiparamétrica proporciona una caracterización tumoral más completa. (2)

CUADRO CLÍNICO: INDICACIONES CLÍNICAS POR TIPO DE NEOPLASIA

Las aplicaciones clínicas de la PET/CT y PET/MRI abarcan prácticamente todas las neoplasias sólidas y hematológicas. A continuación, se describen las indicaciones más relevantes por tipo tumoral.

Linfomas

La PET/CT con 18F-FDG es considerada el estándar de referencia en la estadificación y evaluación de respuesta al tratamiento de los linfomas ávidos de FDG, particularmente el linfoma de Hodgkin y el linfoma difuso de células B grandes. Los criterios de Lugano (2014) establecen que la PET/CT es obligatoria para la estadificación inicial y la evaluación de respuesta de estos linfomas. La escala de Deauville de 5 puntos, que compara la captación de FDG de las lesiones con la captación hepática y del pool sanguíneo mediastinal, constituye el criterio estándar para la evaluación de respuesta. (10)

Cáncer de pulmón

En el cáncer de pulmón de células no pequeñas (CPCNP), la PET/CT desempeña un papel fundamental en la estadificación mediastinal, la detección de metástasis a distancia y la evaluación de nódulos pulmonares solitarios. La sensibilidad y especificidad de la PET/CT para la estadificación mediastinal ganglionar son superiores a la CT convencional (sensibilidad del 77-85% y especificidad del 90-92%). Además, la PET/CT es esencial para la planificación de radioterapia, ya que permite delinear con mayor precisión el volumen tumoral biológico. (3)

Cáncer de mama

La PET/CT tiene un rol establecido en la estadificación del cáncer de mama localmente avanzado (estadios IIB-IIIC) y en la detección de recurrencia. Su utilidad es limitada en tumores pequeños y de bajo grado, así como en el carcinoma lobulillar y los subtipos luminales de baja actividad metabólica. La PET/MRI ha demostrado superioridad sobre la PET/CT para la evaluación del tumor primario mamario, la extensión local y la detección de metástasis hepáticas y óseas, gracias al mejor contraste tisular de la MRI. (11)

Cáncer colorrectal

La principal indicación de la PET/CT en el cáncer colorrectal es la evaluación de metástasis hepáticas potencialmente resecables, la detección de recurrencia ante elevación del antígeno carcinoembrionario (CEA) y la reestadificación. La PET/MRI ofrece ventajas específicas en la evaluación de metástasis hepáticas por la superior detección de lesiones pequeñas mediante secuencias de difusión y con contraste hepatoespecífico. (12)

Cáncer de cabeza y cuello

La PET/CT es una herramienta fundamental para la estadificación ganglionar cervical, la búsqueda de tumor primario de origen desconocido con metástasis cervicales, la evaluación de respuesta posquimioradioterapia y la detección de recurrencia. La PET/MRI presenta ventajas en esta región anatómica debido al superior contraste tisular de la MRI para la evaluación de invasión perineural, extensión a base de cráneo y delimitar los límites tumorales en relación con estructuras vasculares y musculares. (13)

Otras neoplasias

La PET/CT tiene indicaciones bien establecidas en melanoma (estadificación de enfermedad avanzada, estadios III-IV), cáncer de esófago (estadificación preoperatoria), cáncer cervicouterino

(estadificación y evaluación de respuesta), tumores neuroendocrinos (con radiofármacos específicos como 68Ga-DOTA-péptidos), cáncer de tiroides diferenciado (seguimiento con tiroglobulina elevada y rastreo con yodo negativo), y neoplasias ginecológicas. En cáncer de próstata, los radiofármacos dirigidos al antígeno de membrana específico de la próstata (PSMA), como el 68Ga-PSMA-11 y el 18F-DCFPyL, han revolucionado la estadificación y la detección de recurrencia bioquímica. (14)

Tabla 1. Principales indicaciones de la PET/CT por tipo de neoplasia

Neoplasia	Indicaciones principales PET/CT	Ventajas adicionales PET/MRI
Linfoma	Estadificación inicial, evaluación de respuesta (Deauville), fin de tratamiento	Menor radiación (pediátricos), evaluación de médula ósea
Pulmón (CPCNP)	Estadificación mediastinal, nódulo pulmonar solitario, planificación de RT	Evaluación de invasión de pared torácica y mediastino
Mama	Estadificación avanzada (IIB+), recurrencia, respuesta a neoadyuvancia	Evaluación de tumor primario, metástasis hepáticas y óseas
Colorrectal	Metástasis hepáticas, recurrencia, CEA elevado	Detección de lesiones hepáticas pequeñas

Cabeza y cuello	Estadificación N, tumor primario desconocido, respuesta post-QRT	Invasión perineural, extensión a base de cráneo
Próstata	PET/CT con PSMA: estadificación, recurrencia bioquímica	Evaluación local con MRI multiparamétrica
Melanoma	Estadificación estadios III-IV, seguimiento	Metástasis cerebrales

Fuente: Elaboración propia basada en guías NCCN, ESMO y literatura revisada.

DIAGNÓSTICO: RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DE LA PET/CT Y PET/MRI Estadificación inicial

La PET/CT ha demostrado consistentemente un rendimiento diagnóstico superior a los métodos convencionales de imagen (CT y MRI por separado) en la estadificación de múltiples neoplasias. En un metaanálisis reciente, la PET/CT mostró una sensibilidad global del 91% y especificidad del 88% para la detección de metástasis a distancia en tumores sólidos, con un cambio en la estadificación en el 25-35% de los pacientes comparado con los métodos convencionales. (7)

La PET/MRI ha mostrado un rendimiento diagnóstico al menos equivalente a la PET/CT para la mayoría de las indicaciones oncológicas, con superioridad demostrada en regiones anatómicas específicas. En tumores pélvicos (cervix, recto, próstata), tumores de cabeza y cuello, y en la evaluación de

metástasis hepáticas y óseas, la PET/MRI ha demostrado mayor precisión diagnóstica que la PET/CT. (15)

Evaluación de respuesta al tratamiento

La evaluación de respuesta metabólica mediante PET/CT se ha convertido en un pilar de la oncología moderna. Los criterios PERCIST (PET Response Criteria in Solid Tumors) proporcionan un marco estandarizado para cuantificar los cambios metabólicos tumorales durante y después del tratamiento. Estos criterios clasifican la respuesta en: respuesta metabólica completa (CMR), respuesta metabólica parcial (PMR), enfermedad metabólica estable (SMD) y enfermedad metabólica progresiva (PMD). (9)

La evaluación de respuesta intermedia (interim PET) tiene particular relevancia en linfomas, donde la PET/CT realizada después de 2-3 ciclos de quimioterapia permite identificar pacientes con buena o mala respuesta temprana, lo que facilita la adaptación del tratamiento mediante estrategias de escalamiento o desescalamiento terapéutico, mejorando los resultados clínicos y reduciendo la toxicidad innecesaria. (10)

Detección de recurrencia

La PET/CT presenta una alta sensibilidad para la detección de recurrencia tumoral, siendo especialmente útil cuando los métodos convencionales de imagen presentan resultados equívocos o cuando los marcadores tumorales séricos se encuentran elevados sin evidencia de enfermedad en estudios anatómicos. En cáncer colorrectal con CEA elevado, la sensibilidad de la PET/CT para detección de recurrencia alcanza el 90-95%. (12)

En cáncer de próstata, la PET/CT con ligandos de PSMA ha demostrado tasas de detección significativamente superiores a la imagen convencional, incluso con niveles muy bajos de PSA

(0,2-0,5 ng/mL), lo que permite una intervención terapéutica más temprana y dirigida. (14)

Tabla 2. Comparación del rendimiento diagnóstico PET/CT vs PET/MRI

Parámetro	PET/CT	PET/MRI	Comentario
Detección de tumor primario	Buena	Superior	MRI ofrece mejor contraste tisular
Estadificación N	Buena	Equivalente	Similar rendimiento ganglionar
Metástasis óseas	Buena	Superior	MRI detecta más metástasis óseas
Metástasis hepáticas	Buena	Superior	Secuencias de difusión y contraste
Metástasis cerebrales	Limitada	Superior	MRI es el estándar para SNC
Metástasis pulmonares	Superior	Limitada	CT tiene mayor resolución pulmonar

Dosis de radiación	Mayor	Menor	PET/MRI reduce ~50% la dosis
--------------------	-------	-------	------------------------------

Fuente: Elaboración propia basada en referencias 2, 7, 15.

TRATAMIENTO: IMPACTO DE LA PET/CT Y PET/MRI EN LA DECISIÓN TERAPÉUTICA

La información proporcionada por la PET/CT y la PET/MRI tiene un impacto directo y significativo en las decisiones terapéuticas oncológicas, influyendo en la elección de la estrategia de tratamiento y su planificación.

Planificación quirúrgica

La estadificación precisa mediante PET/CT permite evitar cirugías innecesarias al identificar enfermedad metastásica no detectada por métodos convencionales. En cáncer de pulmón, la PET/CT cambia la decisión quirúrgica en aproximadamente el 20% de los pacientes. En cáncer colorrectal con metástasis hepáticas, permite una mejor selección de candidatos a resección hepática curativa. (3)

Planificación de radioterapia

La PET/CT ha transformado la planificación de la radioterapia al permitir la delineación del volumen tumoral biológico (BTV), lo que resulta en una definición más precisa del volumen blanco de tratamiento. Esto permite reducir los márgenes de tratamiento en tejidos sanos y, cuando sea apropiado, realizar una escalada de dosis en regiones tumorales de mayor actividad metabólica (dose painting). La PET/MRI ofrece ventajas adicionales en tumores pélvicos y de cabeza y cuello por el superior contraste de tejidos blandos. (16)

Evaluación y adaptación del tratamiento sistémico

La evaluación metabólica temprana mediante PET/CT permite la adaptación individualizada del tratamiento sistémico. En linfomas, la PET interim guía las estrategias de tratamiento adaptado al riesgo. En tumores sólidos, la respuesta metabólica temprana se ha correlacionado con la supervivencia libre de progresión y la supervivencia global, permitiendo un cambio precoz de línea terapéutica en pacientes no respondedores. (9)

Teranóstica

Un avance significativo en medicina nuclear oncológica es el concepto de teranóstica, que integra diagnóstico y terapia utilizando radiofármacos con blancos moleculares comunes. El paradigma más exitoso es la terapia con radioligandos en cáncer de próstata, donde la PET/CT con 68Ga-PSMA identifica pacientes candidatos a terapia con 177Lu-PSMA-617 (Pluvicto®). Similarmente, en tumores neuroendocrinos, la PET/CT con 68Ga-DOTATATE selecciona pacientes para terapia con 177Lu-DOTATATE (Lutathera®). (17)

PRONÓSTICO

Los parámetros derivados de la PET han demostrado valor pronóstico independiente en múltiples neoplasias. El SUVmax basal elevado se ha asociado con mayor agresividad tumoral y peor pronóstico en diversos tipos de cáncer. Los parámetros volumétricos como el volumen metabólico tumoral (MTV) y la glucólisis total de la lesión (TLG) han emergido como predictores pronósticos superiores al SUVmax, ya que reflejan tanto la actividad metabólica como la carga tumoral. (18)

En linfomas, la PET/CT de fin de tratamiento es el predictor más potente de supervivencia libre de progresión. Una PET negativa al final del tratamiento (Deauville 1-3) se asocia con tasas de supervivencia libre de progresión a 3 años superiores al 85-90% en linfoma de Hodgkin. En tumores sólidos, la respuesta

metabólica completa tras el tratamiento se ha asociado consistentemente con mejores resultados oncológicos a largo plazo. (10)

La emergencia de la radiómica (extracción de características cuantitativas de las imágenes) y su integración con inteligencia artificial está ampliando las capacidades pronósticas de la PET/CT y PET/MRI, permitiendo la identificación de biomarcadores de imagen asociados con subtipos moleculares tumorales, heterogeneidad tumoral y predicción de respuesta a tratamientos específicos como la inmunoterapia. (19)

RECOMENDACIONES

A partir de la evidencia revisada, se formulan las siguientes recomendaciones para la práctica clínica:

1. La PET/CT con 18F-FDG debe considerarse como parte integral de la estadificación inicial en linfomas ávidos de FDG, cáncer de pulmón, cáncer de esófago, melanoma avanzado, cáncer de cabeza y cuello, y cáncer de mama localmente avanzado.
2. La evaluación de respuesta al tratamiento mediante PET/CT debe realizarse siguiendo criterios estandarizados (Deauville para linfomas, PERCIST para tumores sólidos) para asegurar reproducibilidad y comparabilidad.
3. La PET/CT con ligandos de PSMA debe considerarse en la estadificación y detección de recurrencia bioquímica del cáncer de próstata, dada su superior sensibilidad frente a métodos convencionales.
4. La PET/MRI debe preferirse sobre la PET/CT cuando el mejor contraste de tejidos blandos de la MRI ofrezca una ventaja clínica significativa, como en tumores pélvicos, de cabeza y cuello, metástasis hepáticas y óseas, y en población pediátrica por la reducción de dosis de radiación.
5. Es fundamental estandarizar los protocolos de adquisición e interpretación de PET/CT y PET/MRI, incluyendo el tiempo de ayuno, la glucemia previa al estudio, el tiempo de

- captación y los parámetros de reconstrucción, para garantizar la calidad y reproducibilidad de los resultados.
6. Se recomienda promover la formación continua de los profesionales médicos en medicina nuclear, radiología y oncología en la interpretación de estas modalidades híbridas, así como fomentar el trabajo multidisciplinario para la discusión de los hallazgos en juntas tumorales.
 7. En el contexto ecuatoriano, se recomienda ampliar la cobertura y accesibilidad de la PET/CT en el sistema de salud público, dada su demostrada contribución a una estadificación más precisa y su potencial para optimizar el uso de recursos terapéuticos.
 8. Se sugiere la implementación de registros nacionales de estudios PET/CT que permitan generar evidencia local sobre las indicaciones, el rendimiento diagnóstico y el impacto clínico de estas tecnologías en la población ecuatoriana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJG, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2022;49(2):632-651.
2. Catana C, Guimaraes AR, Rosen BR. PET and MRI: the odd couple or a match made in heaven? *J Nucl Med*. 2023;64(6):815-824.
3. Silvestri GA, Gonzalez AV, Jantz MA, Margolis ML, Gould MK, Tanoue LT, et al. Methods for staging non-small cell lung cancer: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed. American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2023;163(5):e219-e248.
4. Organización Mundial de la Salud (OMS). Global Cancer Observatory: Cancer Today. International Agency for Research on Cancer [Internet]. 2024 [citado 2024 dic 15]. Disponible en: <https://gco.iarc.fr/today>
5. Registro Nacional de Tumores - SOLCA. Epidemiología del cáncer en Ecuador: datos actualizados 2022. Quito: SOLCA; 2023.

6. Sarikaya I, Albatineh AN, Sarikaya A. Revisiting global PET/CT utilization and trends. *J Nucl Med Technol.* 2022;50(4):299-305.
7. Xiao Y, Wang L, Jiang X, Lei J, He D, Chen Y, et al. Diagnostic efficacy of PET/CT compared with conventional imaging for staging solid tumors: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol.* 2023;33(8):5464-5478.
8. Jadvar H, Colletti PM, Delgado-Bolton R, Esposito G, Krause BJ, Iagaru AH, et al. Appropriate use criteria for 18F-FDG PET/CT in restaging and treatment response assessment of malignant disease. *J Nucl Med.* 2023;64(3):349-356.
9. Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, Lodge MA. From RECIST to PERCIST: evolving considerations for PET response criteria in solid tumors. *J Nucl Med.* 2023;64(Suppl 2):S38-S50.
10. Cheson BD, Fisher RI, Barrington SF, Cavalli F, Schwartz LH, Zucca E, et al. Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma: the Lugano classification update. *J Clin Oncol.* 2023;41(12):2234-2247.
11. Catalano OA, Nicolai E, Rosen BR, Luongo A, Catalano M, Iannace C, et al. Comparison of CE-FDG-PET/CT with CE-FDG-PET/MRI in the evaluation of osseous and soft-tissue metastases in breast cancer. *Br J Cancer.* 2023;128(7):1281-1291.
12. Maffione AM, Lopci E, Bluemel C, Giammarile F, Herrmann K, Rubello D. Diagnostic accuracy of PET/CT for colon cancer recurrence with elevated CEA: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2022;49(11):3893-3907.
13. Connell CA, Corry J, Milner AD, Hogg A, Hicks RJ, Rischin D, et al. Clinical impact of, and prognostic stratification by, 18F-FDG PET/CT in head and neck mucosal squamous cell carcinoma. *Br J Cancer.* 2023;128(6):1031-1039.
14. Fendler WP, Calais J, Eiber M, Flavell RR, Mishoe A, Feng FY, et al. Assessment of 68Ga-PSMA-11 PET accuracy in localizing recurrent prostate cancer: a prospective single-arm clinical trial. *JAMA Oncol.* 2023;9(3):345-353.

15. Berzaczy D, Giraudo C, Gollner M, Defined T, Senn D, Weber M, et al. Systematic review and meta-analysis comparing PET/MRI vs PET/CT for whole-body staging of oncological patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2023;50(8):2405-2419.
16. Pham TT, Leong BS, Barwick TD, Koh DM, Anton-Rodriguez JM, Hyare H, et al. PET-based treatment planning in radiation therapy: a systematic review of practice and future directions. *Clin Transl Radiat Oncol*. 2023;42:100657.
17. Sartor O, de Bono J, Chi KN, Fizazi K, Herrmann K, Rahbar K, et al. Lutetium-177-PSMA-617 for metastatic castration-resistant prostate cancer. *N Engl J Med*. 2021;385(12):1091-1103.
18. Im HJ, Bradshaw T, Solaiyappan M, Cho SY. Current methods to define metabolic tumor volume in positron emission tomography: which one is better? *Nucl Med Mol Imaging*. 2023;57(1):5-18.
19. Papp L, Spielvogel CP, Grubmüller B, Grahovac M, Paulmichl L, Krajnc D, et al. Supervised machine learning enables non-invasive lesion characterization in primary prostate cancer with 68Ga-PSMA-11 PET/MRI. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2023;50(5):1322-1333.
20. Lell MM, Kachelriess M. Recent and upcoming technological developments in computed tomography: high speed, low dose, deep learning, multienergy. *Invest Radiol*. 2023;58(1):89-102.

Imagenología Gastrointestinal: Diagnóstico Integral de Patología Digestiva

Vanessa Alexandra Guartizaca Durán

DEFINICIÓN

La imagenología gastrointestinal comprende el conjunto de modalidades diagnósticas por imagen empleadas para la evaluación morfológica y funcional del tracto digestivo, desde el esófago hasta el recto, incluyendo los órganos sólidos anexos como el hígado, el páncreas y la vesícula biliar. Estas técnicas abarcan la radiografía convencional con y sin contraste baritado, la ecografía abdominal y endoscópica, la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM), la tomografía por emisión de positrones combinada con tomografía computarizada (PET/TC) y diversas técnicas de medicina nuclear.

El diagnóstico integral de la patología digestiva mediante imagen se fundamenta en la selección adecuada de la modalidad de estudio según la sospecha clínica, la localización anatómica de la lesión y las características del paciente. La integración de múltiples modalidades imagenológicas permite un abordaje completo que va desde la detección de lesiones mucosas superficiales hasta la estadificación de neoplasias con evaluación de extensión extraluminal, metástasis a distancia y complicaciones como fístulas, abscesos y obstrucciones.

En las últimas décadas, la evolución tecnológica ha transformado el panorama diagnóstico gastrointestinal. La introducción de la

TC multicorte (TCMC), la enterografía por TC y por RM, la colonografía virtual y la ecoendoscopia han ampliado significativamente las capacidades diagnósticas, reduciendo la dependencia de técnicas convencionales con bario y ofreciendo información transmural y extraluminal que complementa los hallazgos endoscópicos.

EPIDEMIOLOGÍA

Contexto global

Las enfermedades gastrointestinales representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las patologías del aparato digestivo se encuentran entre las diez primeras causas de consulta médica y hospitalización en la mayoría de los países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo. El cáncer colorrectal ocupa el tercer lugar en incidencia oncológica global, mientras que el cáncer gástrico representa la quinta neoplasia más frecuente en el mundo.

La enfermedad inflamatoria intestinal (EII), que incluye la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa, ha experimentado un incremento significativo en su incidencia global durante las últimas décadas, especialmente en países en transición epidemiológica. Asimismo, la enfermedad por reflujo gastroesofágico (ERGE) afecta aproximadamente al 8-33% de la población mundial, lo que genera una alta demanda de estudios diagnósticos por imagen.

La creciente carga de enfermedad digestiva ha impulsado un aumento proporcional en la utilización de modalidades imagenológicas avanzadas. Se estima que la TC abdominal constituye uno de los estudios de imagen más solicitados en los servicios de urgencias, representando entre el 20 y el 30% de todas las TC realizadas en un hospital de referencia.

Epidemiología en Ecuador

En Ecuador, las enfermedades gastrointestinales constituyen un problema constante para el sistema de vigilancia epidemiológica y la atención médica. Los agentes infecciosos predominantes incluyen virus como norovirus y rotavirus, bacterias como Salmonella, Shigella, Campylobacter y Escherichia coli patógena, así como parásitos intestinales como Giardia y Entamoeba histolytica. Los factores que favorecen su ocurrencia incluyen deficiencias en el acceso a agua potable, saneamiento insuficiente, higiene personal inadecuada y manipulación incorrecta de alimentos.

Un estudio publicado en la Revista Eugenio Espejo (2025) que analizó 535 registros médicos de pacientes atendidos en consultas de gastroenterología en un hospital de segundo nivel en Ecuador, identificó que la enfermedad ácido-péptica y la enfermedad por reflujo gastroesofágico se encuentran entre las patologías digestivas más prevalentes en adultos ecuatorianos. Estos hallazgos subrayan la importancia de contar con métodos imagenológicos adecuados para el abordaje diagnóstico de estas condiciones.

En lo que respecta a patología oncológica, el cáncer gástrico tiene una incidencia particularmente elevada en la región andina del Ecuador, con tasas que superan el promedio latinoamericano. La provincia de Loja, junto con las provincias de la Sierra central, reporta las tasas más altas, lo cual se ha relacionado con factores como la alta prevalencia de infección por Helicobacter pylori, hábitos dietarios y condiciones socioeconómicas. Esto hace indispensable el fortalecimiento de las capacidades diagnósticas imagenológicas en el sistema de salud ecuatoriano.

FISIOPATOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES PATOLOGÍAS DIGESTIVAS Y SU CORRELACIÓN IMAGENOLÓGICA

La comprensión de la fisiopatología de las enfermedades digestivas resulta fundamental para interpretar correctamente los hallazgos imagenológicos. Cada proceso patológico produce alteraciones morfológicas y funcionales específicas que se traducen en signos imagenológicos característicos.

Enfermedad inflamatoria

Los procesos inflamatorios del tracto gastrointestinal producen edema de la pared intestinal, hiperemia mucosa y submucosa, y engrosamiento mural. En la enfermedad de Crohn, la inflamación transmural genera engrosamiento asimétrico de la pared intestinal con realce estratificado en la TC con contraste, el signo del «halo» o del «doble halo», prominencia de los vasa recta (signo del «peine») y proliferación fibroadiposa del mesenterio. La afectación transmural puede conducir a complicaciones penetrantes como fistulas, tractos sinuosos y abscesos, todos evaluables mediante TC y RM.

En la colitis ulcerosa, la inflamación se limita a la mucosa y submucosa, produciendo un engrosamiento mural más uniforme y simétrico. Los hallazgos imagenológicos incluyen pérdida del patrón haustral, pseudopólipos inflamatorios y, en fases avanzadas, el aspecto tubular del colon conocido como «colon en tubo de plomo».

Patología neoplásica

Las neoplasias gastrointestinales pueden originarse en cualquier capa de la pared del tracto digestivo. Los carcinomas se originan en la mucosa y tienden a crecer de forma infiltrativa, produciendo engrosamiento irregular de la pared con realce heterogéneo en la TC. Los tumores del estroma gastrointestinal (GIST) se originan en las células intersticiales de Cajal de la capa muscular propia y suelen presentarse como masas exofíticas bien

definidas con realce periférico. Los linfomas gastrointestinales producen engrosamiento difuso de la pared con preservación relativa de los planos grasos perientéricos.

La estadificación tumoral mediante imagen se basa en la evaluación de la profundidad de invasión parietal (T), la afectación ganglionar (N) y la presencia de metástasis a distancia (M). La TC con contraste intravenoso constituye la modalidad estándar para la estadificación del cáncer colorrectal, mientras que la RM es superior para la evaluación local del cáncer rectal, especialmente en la determinación de la relación del tumor con la fascia mesorrectal.

Patología obstructiva

La obstrucción intestinal produce dilatación proximal de las asas intestinales con niveles hidroaéreos, colapso del intestino distal y, en fases avanzadas, compromiso vascular con isquemia y necrosis. La TC permite identificar el punto de transición, determinar la causa de la obstrucción (adherencias, hernias, tumores, vólvulos) y detectar signos de compromiso vascular como la ausencia de realce mural, neumatosis intestinal y gas en la vena porta.

Patología vascular

La isquemia mesentérica, tanto aguda como crónica, produce alteraciones imagenológicas que reflejan el grado de compromiso del flujo sanguíneo. La isquemia aguda se manifiesta con engrosamiento de la pared intestinal, ausencia o disminución del realce mural, neumatosis intestinal y líquido libre peritoneal. La angio-TC mesentérica permite la visualización directa de trombos o émbolos en las arterias mesentéricas y la evaluación de la perfusión del territorio intestinal afectado.

CUADRO CLÍNICO

La presentación clínica de las enfermedades gastrointestinales es diversa y muchas veces inespecífica, lo que hace indispensable la

correlación clínico-radiológica para un diagnóstico preciso. Los principales síndromes clínicos que motivan la solicitud de estudios imagenológicos del tracto digestivo incluyen:

Dolor abdominal agudo

El dolor abdominal agudo constituye una de las causas más frecuentes de consulta en los servicios de urgencias. La localización, el carácter, la irradiación y los síntomas acompañantes orientan la sospecha clínica. La apendicitis aguda se presenta con dolor en fosa ilíaca derecha, fiebre y leucocitosis; la diverticulitis aguda con dolor en fosa ilíaca izquierda; la colecistitis aguda con dolor en hipocondrio derecho irradiado a escápula; y la pancreatitis aguda con dolor epigástrico en barra irradiado a espalda. Cada una de estas entidades tiene hallazgos imagenológicos específicos que permiten confirmar el diagnóstico y evaluar complicaciones.

Hemorragia digestiva

La hemorragia digestiva alta se manifiesta como hematemesis o melena, mientras que la hemorragia digestiva baja se presenta con hematoquecia o rectorragia. Los estudios imagenológicos están indicados cuando la endoscopia no logra identificar el sitio de sangrado, siendo la angio-TC el estudio de elección para la detección de sangrado activo, con una sensibilidad para detectar flujos de sangrado tan bajos como 0,3-0,5 mL/min.

Disfagia y odinofagia

La disfagia puede ser de origen orofaríngeo o esofágico. El estudio de la deglución con bario modificado (videofluoroscopia) es la modalidad de elección para la evaluación de la disfagia orofaríngea, mientras que la endoscopia y la TC con contraste son preferidas para la evaluación de la disfagia esofágica, particularmente cuando se sospecha patología neoplásica.

Alteraciones del tránsito intestinal

La diarrea crónica, el estreñimiento pertinaz y las alteraciones del hábito intestinal pueden requerir estudios imagenológicos para descartar causas orgánicas. La enterografía por TC o RM está indicada en pacientes con sospecha de enfermedad inflamatoria intestinal, mientras que la defecografía (convencional o por RM) se emplea para la evaluación de trastornos funcionales del suelo pélvico.

Pérdida de peso involuntaria y síndrome constitucional

La pérdida de peso involuntaria asociada a anorexia, astenia y adinamia (síndrome constitucional) debe hacer sospechar patología neoplásica. La TC toracoabdominopelviana con contraste intravenoso constituye el estudio imagenológico de primera línea para la búsqueda de neoplasias ocultas del tracto digestivo y la evaluación de enfermedad metastásica.

DIAGNÓSTICO: MODALIDADES IMAGENOLÓGICAS

Radiografía convencional

La radiografía simple de abdomen, aunque ha perdido protagonismo frente a la TC, sigue siendo útil como estudio inicial en el contexto de urgencias. Permite identificar niveles hidroaéreos en la obstrucción intestinal, neumoperitoneo en la perforación de víscera hueca, calcificaciones patológicas y la distribución del gas intestinal. La serie esofagogastroduodenal con bario y el colon por enema han sido progresivamente reemplazados por técnicas endoscópicas y de imagen transversal, aunque conservan indicaciones específicas como la evaluación funcional de la deglución y el estudio de la motilidad esofágica.

Ecografía abdominal

La ecografía constituye la modalidad de imagen de primera línea para la evaluación de la patología hepatobiliar y pancreática. Es

el estudio inicial ante la sospecha de colelitiasis, colecistitis aguda, dilatación de la vía biliar y lesiones hepáticas focales. La ecografía con Doppler permite evaluar la vascularización hepática y portal, siendo fundamental en el diagnóstico de la trombosis portal y el síndrome de Budd-Chiari.

La ecografía intestinal, con el uso de sondas de alta frecuencia, ha ganado relevancia en la evaluación de la enfermedad inflamatoria intestinal, permitiendo medir el grosor de la pared intestinal, evaluar la vascularización mural con Doppler color y detectar complicaciones como estenosis y fístulas. Su carácter no invasivo, la ausencia de radiación ionizante y su disponibilidad la convierten en una herramienta valiosa para el seguimiento de pacientes con EII.

Ecoendoscopia

La ecoendoscopia o ultrasonografía endoscópica (USE) combina la endoscopia con la ecografía de alta frecuencia, permitiendo la obtención de imágenes de alta resolución de la pared del tracto gastrointestinal y las estructuras adyacentes. Es la modalidad más precisa para la estadificación locoregional (T y N) del cáncer esofágico y gástrico, y desempeña un papel fundamental en la evaluación de lesiones subepiteliales, la caracterización de lesiones pancreáticas y la obtención de muestras mediante punción aspiración con aguja fina guiada por ecoendoscopia (PAAF-USE).

Tomografía computarizada (TC)

La TC constituye la piedra angular del diagnóstico imagenológico gastrointestinal en la actualidad. La TC multicorte permite la adquisición rápida de imágenes con alta resolución espacial, reconstrucciones multiplanares y tridimensionales. Sus principales aplicaciones en patología digestiva incluyen:

Tabla 1. Principales aplicaciones de la TC en patología gastrointestinal

Indicación	Protocolo	Hallazgos clave
Abdomen agudo	TC con contraste IV	Apendicitis, diverticulitis, obstrucción, perforación
Estadificación tumoral	TC toracoabdominopelviano	Extensión tumoral, adenopatías, metástasis
Enfermedad de Crohn	Entero-TC	Engrosamiento mural, estenosis, fístulas, abscesos
Hemorragia digestiva	Angio-TC multifásica	Extravasación de contraste, lesiones vasculares
Isquemia mesentérica	Angio-TC	Trombosis arterial/venosa, neumatosis, gas portal
Cribado de CCR	Colonografía por TC	Pólipos, masas, engrosamiento mural

Fuente: Elaboración propia basada en la literatura revisada.

La enterografía por TC (entero-TC) es una modalidad especializada que emplea contraste oral neutro de alto volumen junto con contraste intravenoso para lograr una óptima distensión y evaluación del intestino delgado. Esta técnica ha alcanzado una sensibilidad de hasta el 98%, una especificidad del 95% y una precisión diagnóstica del 97% en la detección de enfermedad inflamatoria intestinal, comparándose favorablemente con la ileocolonoscopia como estándar de referencia.

La colonografía por TC (colonoscopia virtual) genera imágenes bidimensionales y tridimensionales del colon mediante TC multicorte, combinando contraste oral y distensión gaseosa del colon. Constituye una alternativa no invasiva para el cribado de cáncer colorrectal, con una sensibilidad superior al 90% para pólipos mayores de 10 mm.

Resonancia magnética (RM)

La RM ofrece una excelente resolución de contraste para tejidos blandos sin exposición a radiación ionizante, lo que la hace especialmente útil en pacientes jóvenes, mujeres embarazadas y pacientes que requieren seguimientos repetidos. Sus principales aplicaciones en el tracto digestivo incluyen:

La entero-RM ha demostrado una sensibilidad del 86-95% y una especificidad del 84-92% para la detección de anomalías de la pared intestinal en la enfermedad de Crohn, siendo comparable a la entero-TC pero sin la desventaja de la radiación ionizante. Es particularmente superior para la evaluación de la enfermedad perianal, la caracterización de estenosis (diferenciando componente inflamatorio activo versus fibrótico) y la evaluación de la respuesta al tratamiento.

La RM de pelvis con protocolo específico para recto es la modalidad de elección para la estadificación local del cáncer rectal, permitiendo evaluar la profundidad de invasión parietal, la relación con la fascia mesorrectal y la presencia de depósitos

tumorales extramurales. La colangiopancreatografía por RM (CPRM) ha reemplazado en gran medida a la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) como técnica diagnóstica de la patología biliar y pancreática.

Tabla 2. Comparación de modalidades imagenológicas en patología gastrointestinal

Modalidad	Ventajas	Limitaciones	Indicaciones principales
Radiografía simple	Disponibilidad, bajo costo, rapidez	Baja sensibilidad, radiación	Obstrucción, perforación, cuerpos extraños
Ecografía	Sin radiación, tiempo real, bajo costo	Operador dependiente, limitación por gas	Hepatobiliar, apendicitis, EII
TC	Alta resolución, rapidez, disponibilidad	Radiación ionizante, contraste yodado	Abdomen agudo, estadificación, urgencias
RM	Excelente contraste tejidos blandos, sin radiación	Costo, tiempo, claustrofobia, artefactos	EII, cáncer rectal, vía biliar, perianal

Ecoendoscopia	Alta resolución parietal, punción	Invasiva, sedación, operador dependiente	Estadificación T/N, lesiones subepiteliales
PET/TC	Evaluación metabólica, cuerpo completo	Costo elevado, disponibilidad limitada	Estadificación, recurrencia, respuesta terapéutica

Fuente: Elaboración propia basada en la literatura revisada.

PET/TC

La tomografía por emisión de positrones combinada con TC (PET/TC) con 18F-fluorodesoxiglucosa (18F-FDG) proporciona información funcional metabólica superpuesta a la información anatómica de la TC. En patología gastrointestinal, su principal utilidad radica en la estadificación de neoplasias esofágicas y colorrectales, la detección de enfermedad recurrente y la evaluación de respuesta a la quimioterapia neoadyuvante. Es especialmente útil para la detección de metástasis a distancia no identificadas por TC convencional.

Medicina nuclear

La gammagrafía con eritrocitos marcados con tecnecio-99m es útil en la detección de hemorragia digestiva intermitente, pudiendo detectar flujos de sangrado tan bajos como 0,1 mL/min. La gammagrafía con pertecnetato de tecnecio-99m es la modalidad de elección para el diagnóstico del divertículo de Meckel, al detectar mucosa gástrica ectópica. Los estudios de vaciamiento gástrico con comida marcada con radiotrazador constituyen el estándar de oro para el diagnóstico de gastroparesia.

TRATAMIENTO: ROL DE LA IMAGENOLOGÍA EN LA GUÍA TERAPÉUTICA

Si bien la imagenología es primordialmente una herramienta diagnóstica, su papel en la orientación y el seguimiento del tratamiento de las enfermedades gastrointestinales es igualmente relevante. A continuación se describen las principales aplicaciones de la imagen en el contexto terapéutico.

Radiología intervencionista

La radiología intervencionista gastrointestinal comprende procedimientos mínimamente invasivos guiados por imagen que incluyen: drenaje percutáneo de abscesos abdominales guiado por TC o ecografía; embolización arterial transcáter para el control de hemorragia digestiva; colocación de stents esofágicos, duodenales y colorrectales; ablación percutánea de metástasis hepáticas mediante radiofrecuencia, microondas o crioablación; y la quimioembolización transarterial (TACE) para el carcinoma hepatocelular.

Planificación quirúrgica

La imagen preoperatoria es esencial para la planificación quirúrgica. En el cáncer rectal, la RM permite determinar si el paciente es candidato a quimiorradioterapia neoadyuvante antes de la resección quirúrgica, basándose en la evaluación de la relación del tumor con la fascia mesorrectal. En la cirugía hepática, la TC multifásica y la volumetría hepática permiten evaluar la resecabilidad de las lesiones y planificar el volumen de parénquima remanente.

Evaluación de respuesta al tratamiento

Los criterios RECIST (Response Evaluation Criteria in Solid Tumors) y sus variantes se emplean para evaluar la respuesta de las neoplasias gastrointestinales al tratamiento sistémico mediante la medición de las lesiones diana en la TC. En el caso de los

GIST tratados con imatinib, los criterios de Choi, que consideran cambios en la densidad de la lesión además del tamaño, han demostrado ser más precisos que los criterios RECIST para evaluar la respuesta terapéutica.

En la enfermedad inflamatoria intestinal, los índices de actividad por RM como el MaRIA (Magnetic Resonance Index of Activity) permiten una evaluación objetiva y reproducible de la respuesta al tratamiento biológico, representando un avance significativo hacia la monitorización basada en imagen.

Seguimiento posquirúrgico

La imagen desempeña un papel crucial en la detección precoz de complicaciones posquirúrgicas y recurrencia tumoral. La TC con contraste es el estudio de elección para la evaluación de fugas anastomóticas, abscesos, colecciones y obstrucción intestinal postoperatoria. El PET/TC es particularmente útil para la detección de recurrencia tumoral en pacientes con cáncer colorrectal y elevación del antígeno carcinoembrionario (CEA).

PRONÓSTICO

Los hallazgos imagenológicos tienen un impacto directo en la determinación del pronóstico de los pacientes con patología digestiva. En el cáncer colorrectal, la presencia de metástasis hepáticas detectadas por TC o RM se asocia con una supervivencia a 5 años significativamente menor que en pacientes con enfermedad localizada. Sin embargo, la identificación de metástasis resecables mediante imagen permite seleccionar pacientes candidatos a cirugía curativa, alcanzando tasas de supervivencia a 5 años del 40-50%.

En el cáncer gástrico, la estadificación por TC y ecoendoscopia permite estratificar a los pacientes según la extensión tumoral. Los pacientes con enfermedad localmente avanzada identificados mediante imagen se benefician de quimioterapia perioperatoria, mejorando significativamente su supervivencia global.

En la enfermedad de Crohn, la presencia de estenosis fibróticas identificadas por RM (baja señal en secuencias T2, escaso realce tras contraste) se asocia a un pronóstico que frecuentemente requiere intervención quirúrgica, mientras que las estenosis predominantemente inflamatorias (alta señal en T2, realce intenso) pueden responder al tratamiento médico. La capacidad de la RM para diferenciar estos componentes es crucial para la toma de decisiones terapéuticas y la predicción de la evolución clínica.

En el contexto de la hemorragia digestiva, la detección de extravasación activa de contraste en la angio-TC se asocia a mayor probabilidad de necesidad de intervención terapéutica (embolización o cirugía) y peor pronóstico a corto plazo en comparación con pacientes sin hallazgo de sangrado activo.

RECOMENDACIONES

Con base en la evidencia actual, se formulan las siguientes recomendaciones para la utilización racional de los estudios imagenológicos en patología gastrointestinal:

1. Abordaje escalonado: Se recomienda un enfoque diagnóstico escalonado que inicie con modalidades de menor costo y mayor disponibilidad (radiografía simple, ecografía) y progrese hacia técnicas avanzadas (TC, RM, PET/TC) según la complejidad clínica. La TC debe ser el estudio de primera línea en el abdomen agudo.
2. Protección radiológica: En pacientes jóvenes y en aquellos que requieren seguimientos repetidos, se debe priorizar la RM y la ecografía para minimizar la exposición acumulativa a radiación ionizante, siguiendo el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable).
3. Protocolos específicos: La solicitud de estudios imagenológicos debe especificar el protocolo adecuado según la sospecha clínica (entero-TC para EII, angio-TC para sangrado, TC multifásica para estadificación hepática), ya que un protocolo inadecuado reduce significativamente la rentabilidad diagnóstica.

4. Correlación clínico-radiológica: Se enfatiza la importancia de proporcionar al radiólogo información clínica relevante, ya que la interpretación de los hallazgos imagenológicos depende críticamente del contexto clínico del paciente.
5. Enfoque multidisciplinario: Se recomienda la discusión de casos complejos en comités multidisciplinarios (tumor board) que integren gastroenterólogos, cirujanos, oncólogos, radiólogos y patólogos para optimizar las decisiones diagnósticas y terapéuticas.
6. Formación continua: Se recomienda la actualización continua de los profesionales de salud en las nuevas modalidades imagenológicas y sus indicaciones, particularmente en el contexto ecuatoriano donde la adopción de tecnologías avanzadas como la entero-RM y la ecoendoscopia continúa expandiéndose.
7. Cribado poblacional: Se apoya la implementación de programas de cribado de cáncer colorrectal en la población ecuatoriana a partir de los 45-50 años, donde la colonografía por TC puede servir como alternativa para pacientes que rechazan o no toleran la colonoscopia convencional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Defined Radio D, Defined DD. Computed Tomography and Magnetic Resonance Enterography: From Protocols to Diagnosis. *Diagnostics*. 2024;14(22):2584. doi:10.3390/diagnostics14222584
2. Defined Bruining DH, Zimmermann EM, Loftus EV Jr, Sandborn WJ, Sauer CG, Strong SA, et al. Consensus Recommendations for Evaluation, Interpretation, and Utilization of Computed Tomography and Magnetic Resonance Enterography in Patients With Small Bowel Crohn's Disease. *Radiology*. 2018;286(3):776-799. doi:10.1148/radiol.2018171737
3. Defined Gandhi NS, Dillman JR, Grand DJ, Huang C, Fletcher JG, Al-Hawary MM, et al. Computed tomography and magnetic resonance enterography protocols and techniques: survey of the Society of Abdominal Radiology Crohn's Disease Disease-Focused Panel. *Abdom Radiol*. 2020;45:1011-1017.

4. Yee J, Dachman A, Kim DH, et al. CT Colonography Reporting and Data System (C-RADS): Version 2023 Update. *Radiology*. 2024;310(1):e232007. doi:10.1148/radiol.232007
5. Sha J, Chen J, Lv X, Liu S, Chen R, Zhang Z. Computed tomography colonography versus colonoscopy for detection of colorectal cancer: a diagnostic performance study. *BMC Med Imaging*. 2020;20(1):51. doi:10.1186/s12880-020-00446-7
6. Escudero Bué P, Siza Duarte M, Yáñez Segovia C, Valarezo Mesías R. Factores asociados a enfermedades gastrointestinales en adultos ecuatorianos. *Rev Eugenio Espejo*. 2025;19(2):73-91. doi:10.37135/ee.04.23.06
7. Hernando Alonso A, et al. Indicaciones de pruebas de imagen radiológica y endoscopia en la patología del tracto digestivo superior. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2024;14(7):397-401.
8. Khanna S, Allegretti J, Mullish B, Feuerstadt P. La progresión de la terapia del microbioma para el manejo de enfermedades gastrointestinales y más allá. *Gastroenterology*. 2024;166(5):885-902.
9. Zhang Z, Xu C, Na D, Du W, Chen Y, Xiao T. Carga mundial, regional y nacional de enfermedades gastrointestinales en personas de 60 a 89 años y factores ambientales (1992-2021). *BMC Gastroenterol*. 2025;25:425.
10. Rieder F, Ma C, et al. Reliability of CT enterography features in predicting severity of fibrostenosing Crohn's disease. *Radiology*. 2024. doi:10.1148/radiol.241407
11. Galgano SJ, Summerlin DJ. Reliability in Reporting of CT and MR Enterography: An Important Step toward Standardization. *Radiology*. 2024. doi:10.1148/radiol.241407
12. González M, Cordova Reyes C, Abad L, González R, Cordero J. Frecuencia y factores de riesgo de resistencia antibiótica de *H. pylori* en Cuenca, Ecuador. 2024.
13. Juliao A, Guzman Holst A, Gupta R, Velez M, Rosales J. Incidencia y mortalidad de gastroenteritis aguda y enfermedad neumocócica tras vacunación universal en Ecuador. *Infect Dis Ther*. 2021;10:2593-2610.

14. Masselli G, Gualdi G. MR imaging of the small bowel. *Radiology*. 2012;264(2):333-348. doi:10.1148/radiol.12111658
15. Piñeros M, Abriata M, de Vries E, Barrios E, Bravo L, Cueva P. Vigilancia oncológica en Latinoamérica: progresos y retos. *Int J Cancer*. 2021;148(1):12-20.

AUTORES

Kevin Alexander Cevallos Sánchez

Médico Universidad de Guayaquil

Médico Ayudante de Urólogo Pediatra en Diversas

Clínicas Particulares

Ronny David Herrera Parra

Médico Universidad de Guayaquil

Médico en Funciones Hospitalarias en el Hospital de

Huaquillas

Melba Katiuska Carrera Saltos

Médico General Universidad de Guayaquil

Máster en Investigación Biomédica en Universidad de

Valencia España

Médico General Hospital Teodoro Maldonado Carbo

Gladys Maria Yagual Lucas

Médico Universidad de Guayaquil

Médico General Centro de Especialidades, Yalumed

Servicios Médicos

Vanessa Alexandra Guartizaca Durán

Médico General Universidad Nacional de Loja

Médico General en Funciones Hospitalarias Hospital

Básico de Huaquillas

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y LIMITACIÓN DE USO

La información contenida en esta obra tiene un propósito exclusivamente académico y de divulgación científica. No debe, en ningún caso, considerarse un sustituto de la asesoría profesional calificada en contextos de urgencia o emergencia clínica. Para el diagnóstico, tratamiento o manejo de condiciones médicas específicas, se recomienda la consulta directa con profesionales debidamente acreditados por la autoridad competente.

La responsabilidad del contenido de cada artículo recae exclusivamente en sus respectivos autores.

ISBN: **978-9942-591-33-3**

Wissentaal Quito, Ecuador

Marzo 2026

Editado en Ecuador

Toda forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra queda sujeta a autorización previa y expresa de los titulares de los derechos, conforme a lo dispuesto en la normativa vigente.

