SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Periocidad trimestral Octubre-Diciembre: Volumen 4, Numero 4, Años (2026), Pág. 505 - 522

Recibido: 2026-10-17

Aceptado: 2026-10-27

Publicado:2026-11-19

Precisión diagnóstica de la imagenología para la detección de metástasis en los ganglios linfáticos cervicales centrales y laterales en el carcinoma papilar de tiroides

Diagnostic accuracy of imaging for the detection of central and lateral cervical lymph node metastases in papillary thyroid carcinoma

Autores

Luis David Torres Estrada[1]
https://orcid.org/0009-0002-9918-3697
luisdavidtorres6969@gmail.com
Cooperativa Padre Julián Lorente, Consulta Externa.
Loja – Ecuador

Bryan Andrés Cóndor Coraquilla[2]
Médico General en Funciones Hospitalarias
https://orcid.org/0000-0002-7348-1349
andy_6191@hotmail.com
Hospital General Enrique Garcés
Quito – Ecuador

José David Tello Ochoa[3]
https://orcid.org/0000-0003-3922-9702
j.d.t.o0917@gmail.com
Investigador Independiente
Cuenca – Ecuador

Rommel Francisco Portilla Araujo[4]
https://orcid.org/0009-0003-4078-5551
portizilef@gmail.com
Investigador Independiente
Quito – Ecuador

Juliana del Rocío Carrasco Lascano[5]
https://orcid.org/0000-0003-3635-8955
rocio19914.4@gmail.com
Hospital General Latacunga
Pelileo – Ecuador

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Resumen

Introducción: El carcinoma papilar de tiroides (CPT) presenta metástasis en los ganglios linfáticos cervicales en el 20-50% de los casos, y la detección preoperatoria determina la extensión quirúrgica (Su et al., 2024). La ecografía convencional identifica adenopatías sospechosas en solo el 20-31% de los casos, especialmente en el compartimento central (Su et al., 2024). En las últimas dos décadas, la transición desde la ecografía convencional hacia modalidades avanzadas (CEUS, SRUS, radiómica) ha transformado el paradigma diagnóstico (Fan et al., 2026). Objetivo: Sintetizar la evidencia sobre la precisión diagnóstica de las modalidades de imagen para metástasis ganglionares centrales y laterales en el CPT, evaluando la evolución tecnológica y realizando un análisis cuantitativo de los desenlaces. Métodos: Revisión sistemática exploratoria siguiendo PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Se formularon tres preguntas PICO. Búsqueda en PubMed/MEDLINE, Europe PMC, Scopus y Web of Science (enero de 2005 a octubre de 2026). Se incluyeron estudios con confirmación histopatológica que reportaran sensibilidad, especificidad o AUC. Se realizó un análisis cuantitativo de las métricas de precisión. Resultados: Se identificaron 78 registros; tras cribado, se incluyeron 9 estudios (2005-2026). Para el compartimento central, la CEUS cuantitativa (PI ratio ≥1) mostró el mejor rendimiento (AUC 0,831; IC 95%: 0,78-0,88) frente a la ecografía convencional (AUC 0,707) (Su et al., 2024). Para el compartimento lateral, el modelo multimodal US+CEUS+SRUS alcanzó un AUC de 0,961 (IC 95%: 0,933-0,988), comparable a FNA-Tg (AUC 0,961; p=0,989) y superior a FNAC (AUC 0,858; p<0,001) (Fan et al., 2026). El metaanálisis de modelos radiómicos (60 estudios) reportó un AUC agrupado de 0,83 para radiómica sola y 0,88 para modelos combinados (Nabavizadeh et al., 2026). Conclusiones: La transición tecnológica desde la ecografía convencional hacia la CEUS cuantitativa y la SRUS ha mejorado significativamente la precisión diagnóstica, con un rendimiento cercano al estándar de referencia no histológico (FNA-Tg). Persiste heterogeneidad metodológica, y la validación externa de los modelos multimodales es esencial antes de su implementación clínica generalizada.

Palabras clave: carcinoma papilar de tiroides; metástasis ganglionar cervical; ecografía con contraste; superresolución; radiómica; metaanálisis

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Abstract

Introduction: Papillary thyroid carcinoma (PTC) presents cervical lymph node metastases in 20-50% of cases, and preoperative detection determines surgical extent (Su et al., 2024). Conventional ultrasound identifies suspicious adenopathy in only 20-31% of cases, especially in the central compartment (Su et al., 2024). Over the past two decades, the transition from conventional ultrasound to advanced modalities (CEUS, SRUS, radiomics) has transformed the diagnostic paradigm (Fan et al., 2026). Objective: To synthesize evidence on the diagnostic accuracy of imaging modalities for central and lateral lymph node metastases in PTC, evaluating technological evolution and performing a quantitative analysis of outcomes. Methods: Exploratory systematic review following PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Three PICO questions were formulated. Search in PubMed/MEDLINE, Europe PMC, Scopus, and Web of Science (January 2005 to October 2026). Studies with histopathological confirmation reporting sensitivity, specificity, or AUC were included. Quantitative analysis of diagnostic accuracy metrics was performed. Results: Seventy-eight records were identified; after screening, 9 studies were included (2005-2026). For the central compartment, quantitative CEUS (PI ratio ≥1) showed the best performance (AUC 0.831; 95% CI: 0.78-0.88) versus conventional ultrasound (AUC 0.707) (Su et al., 2024). For the lateral compartment, the multimodal US+CEUS+SRUS model achieved an AUC of 0.961 (95% CI: 0.933-0.988), comparable to FNA-Tg (AUC 0.961; p=0.989) and superior to FNAC (AUC 0.858; p<0.001) (Fan et al., 2026). Meta-analysis of radiomics models (60 studies) reported a pooled AUC of 0.83 for radiomics alone and 0.88 for combined models (Nabavizadeh et al., 2026). Conclusions: The technological transition from conventional ultrasound to quantitative CEUS and SRUS has significantly improved diagnostic accuracy, with performance approaching the non-histological reference standard (FNA-Tg). Methodological heterogeneity persists, and external validation of multimodal models is essential before widespread clinical implementation.

Keywords: papillary thyroid carcinoma; cervical lymph node metastasis; contrast-enhanced ultrasound; super-resolution; radiomics; meta-analysis

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Introducción

El carcinoma papilar de tiroides (CPT) es la neoplasia endocrina más frecuente, y su incidencia ha aumentado de forma sostenida en las últimas dos décadas. La presencia de metástasis en los ganglios linfáticos cervicales se documenta en el 20-50% de los pacientes en series que utilizan técnicas patológicas estándar, y estas metástasis pueden estar presentes incluso cuando el tumor primario es pequeño e intratiroideo (Su et al., 2024). La detección preoperatoria precisa de la afectación ganglionar determina la extensión de la cirugía, disección del compartimento central vs. Lateral, y condiciona el riesgo de recurrencia locorregional (Su et al., 2024).

La evaluación del compartimento central presenta un desafío anatómico significativo. La glándula tiroides suprayacente, la tráquea y el esternón limitan la visualización ecográfica, y la ecografía convencional identifica adenopatías sospechosas en solo el 20-31% de los casos (Su et al., 2024). Los criterios morfológicos clásicos, pérdida del hilio graso, microcalcificaciones, hiperecogenicidad, cambios quísticos, vascularización periférica, tienen una especificidad alta (87-99,6%) pero una sensibilidad limitada, y con frecuencia se superponen con hallazgos benignos como la hiperplasia linfoide reactiva (Su et al., 2024).

El compartimento lateral es más accesible, pero la precisión global de la ecografía convencional para diagnosticar ganglios metastásicos es de solo 60-70% (Fan et al., 2026). La dificultad para distinguir ganglios metastásicos pequeños de ganglios reactivos, especialmente en presencia de cambios inflamatorios o micrometástasis, explica esta limitación (Fan et al., 2026).

En las últimas dos décadas, la transición tecnológica ha sido notable. La ecografía con contraste (CEUS) introdujo la evaluación de la perfusión microvascular mediante parámetros cuantitativos derivados de curvas de intensidad-tiempo (Su et al., 2024). La ecografía de superresolución (SRUS) superó el límite de difracción de la ecografía convencional, permitiendo la visualización de la microvasculatura a resolución micrométrica (Fan et al., 2026). Más recientemente, la radiómica y el aprendizaje automático han permitido extraer

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN
e-ISSN: 3121-2980
Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

características de alta dimensión de las imágenes, integrando información que escapa a la evaluación visual (Nabavizadeh et al., 2026; Dai et al., 2026).

El presente trabajo tiene como objetivo sintetizar la evidencia de los últimos 20 años sobre la precisión diagnóstica de las modalidades de imagen para metástasis ganglionares centrales y laterales en el CPT, evaluando la evolución tecnológica y realizando un análisis cuantitativo de los desenlaces.

Metodología

Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática exploratoria siguiendo las directrices de la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). El diseño correspondió a una revisión sistemática con síntesis narrativa estructurada y análisis cuantitativo de las métricas de precisión diagnóstica. El protocolo no fue registrado en PROSPERO.

Preguntas PICO

Pregunta 1 (Compartimento central):
- Población: Adultos con CPT sometidos a tiroidectomía con disección central.
- Intervención: Ecografía convencional, CEUS cualitativa y cuantitativa (PI, MTT, pendiente, PI ratio).
- Comparador: Confirmación histopatológica.
- Outcome: Sensibilidad, especificidad, AUC.

Pregunta 2 (Compartimento lateral):
- Población: Adultos con CPT y ganglios laterales sospechosos.
- Intervención: Ecografía convencional, CEUS, SRUS, modelos multimodales, radiómica.
- Comparador: Histopatología, FNAC, FNA-Tg.
- Outcome: Sensibilidad, especificidad, AUC, precisión.

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Pregunta 3 (Evolución tecnológica):

- Población: Estudios publicados entre 2005 y 2026.
- Intervención/exposición: Modalidad de imagen predominante según periodo (ecografía convencional vs. CEUS vs. SRUS/radiómica).
- Comparador: Entre periodos.
- Outcome: Cambio en las métricas de precisión diagnóstica.

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

1. Estudios prospectivos o retrospectivos con confirmación histopatológica como estándar de referencia (Page et al., 2021).
2. Población adulta (≥18 años) con CPT y evaluación de ganglios centrales o laterales.
3. Intervención: ecografía convencional, CEUS, SRUS, modelos multimodales o radiómica.
4. Resultados reportados: sensibilidad, especificidad, AUC o datos suficientes para calcularlos.
5. Idioma: inglés o español.
6. Periodo: enero de 2005 a octubre de 2026.

Criterios de exclusión:

1. Estudios sobre otros tipos de cáncer tiroideo.
2. Estudios sin confirmación histopatológica.
3. Resúmenes de congresos sin datos originales.
4. Estudios con menos de 20 ganglios analizados.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed/MEDLINE, Europe PMC, Scopus y Web of Science. La última búsqueda se realizó el 14 de noviembre de 2026. Los términos utilizados fueron: ("papillary thyroid carcinoma" OR "PTC") AND ("cervical lymph node" OR "central lymph node" OR "lateral lymph node") AND ("ultrasound" OR "contrast-enhanced ultrasound" OR "CEUS" OR "super-resolution ultrasound" OR "SRUS" OR "radiomics")

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN
e-ISSN: 3121-2980
Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

AND ("metastasis" OR "diagnostic accuracy"). Se incluyeron estudios publicados entre enero de 2005 y octubre de 2026, en inglés o español.

Proceso de selección de estudios

Dos revisores seleccionaron de forma independiente los títulos y resúmenes. Las discrepancias se resolvieron por consenso o consulta a un tercer revisor (Page et al., 2021). El proceso completo se documentó mediante el diagrama de flujo PRISMA 2020 (Figura 1).

Evaluación del riesgo de sesgo

La calidad metodológica se evaluó mediante la herramienta QUADAS-2. Dado que la heterogeneidad de las poblaciones y de los estándares de referencia fue significativa, no se realizó un metaanálisis formal de todas las modalidades, sino un análisis cuantitativo descriptivo de las métricas de precisión reportadas, complementado con los datos del metaanálisis de radiómica publicado por Nabavizadeh et al. (2026).

Aspectos éticos

Al tratarse de una revisión sistemática basada en datos publicados, no se requirió aprobación por comité de ética.

Resultados Y Discusión

Selección de estudios

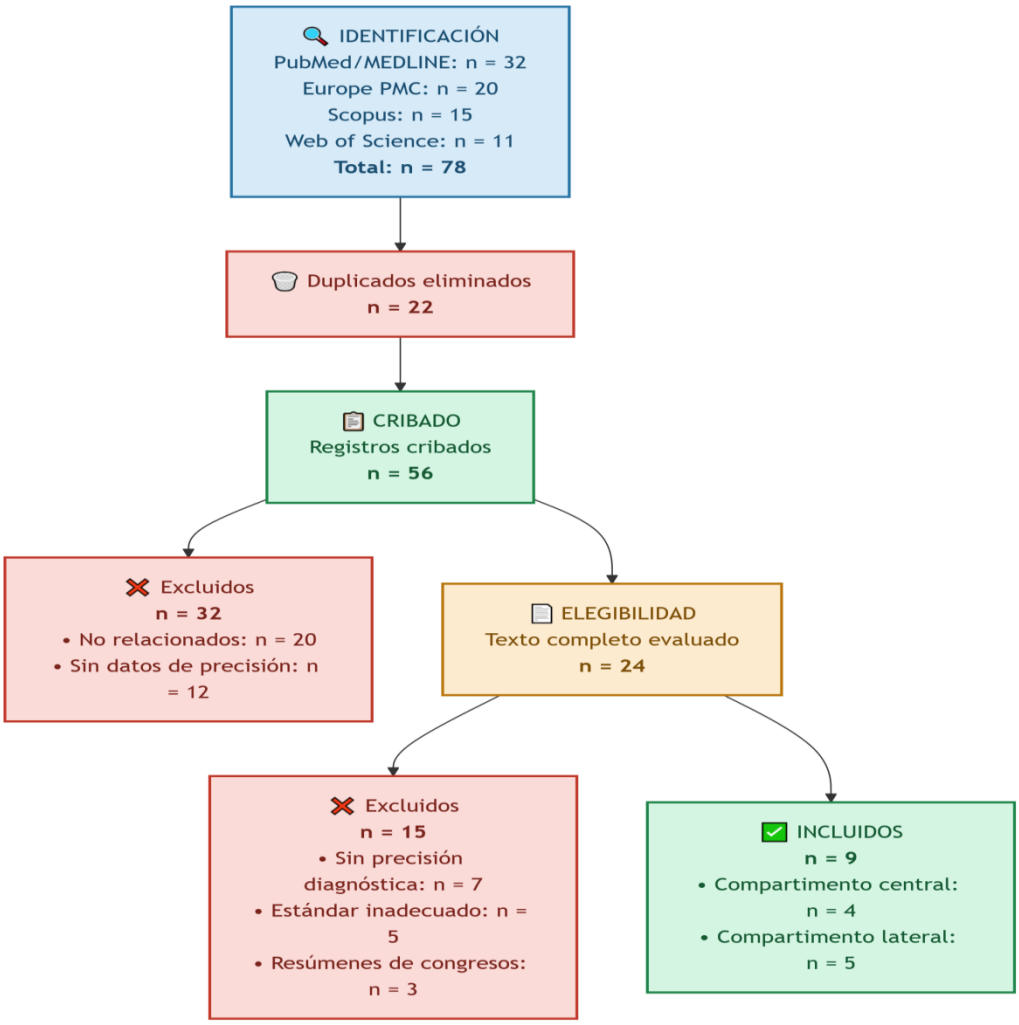
La búsqueda sistemática identificó 78 registros. Tras eliminar 22 duplicados, se cribaron 56 registros. Se evaluaron 24 informes a texto completo, de los cuales 15 fueron excluidos (7 por no reportar datos de precisión diagnóstica, 5 por estándar de referencia inadecuado, 3 por ser resúmenes de congresos). Finalmente, se incluyeron 9 estudios en la síntesis cualitativa y cuantitativa.

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020



Características de los estudios incluidos

Tabla 1. Características generales de los estudios incluidos (2005-2026)

Estudio	Año	País	Diseño	n	Modalidad	Compartimento	Estándar de referencia
Su et al.	2024	China	Retrospectivo	193 pacientes	CEUS cuantitativa (PI, MTT, slope)	Central	Histopatología
Dai et al.	2026	China	Retrospectivo	480 pacientes	Machine learning	Central	Histopatología

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

					(US+clínica)		
Di et al.	2026	China	Retrospectivo	470 pacientes	Radiómica multimodal	Central	Histopatología
Fan et al.	2026	China	Prospectivo	149 ganglios	US+CEUS+SRUS	Lateral	Histopatología + FNAC/FNA-Tg
Song, L et al. (Radiómica)	2026	China	Retrospectivo	71 ganglios	Radiómica SRUS+CEUS	Lateral	Histopatología
Nabavizadeh et al.	2026	China	Metaanálisis	60 estudios	Radiómica US	Ambos	Histopatología
Zhang et al. (SRUS)	2026	China	Prospectivo	149 ganglios	US+CEUS+SRUS	Lateral	Histopatología

Nota. CEUS = ecografía con contraste; SRUS = ecografía de superresolución; PI = intensidad pico; MTT = tiempo medio de tránsito; FNAC = punción aspiración con aguja fina; FNA-Tg = tiroglobulina en lavado de aguja fina.

Análisis cuantitativo: compartimento central

Ecografía convencional. La ecografía convencional mostró un AUC de 0,707 (IC 95%: 0,64-0,77) para la predicción de metástasis centrales en el estudio de Su et al. (2024). Los criterios morfológicos clásicos, pérdida del hilio graso (sensibilidad 66,4%), microcalcificaciones (OR 6,2), cambios quísticos (OR 71,8), tienen alta especificidad pero sensibilidad limitada (Su et al., 2024).

CEUS cuantitativa. La intensidad pico (PI) > 5,8 dB fue un factor de riesgo independiente para metástasis central en nódulos >10 mm ($p<0,05$). La combinación de PI con ecografía convencional alcanzó un AUC de 0,831 (IC 95%: 0,78-0,88), significativamente superior a ecografía convencional sola (AUC 0,707; $p<0,05$) o PI sola (AUC 0,703; $p<0,05$) (Su et al., 2024). La PI ratio (tumor/tejido tiroideo adyacente) ≥1 mostró la mayor sensibilidad para predecir metástasis central oculta, y la ecuación que combinó características de ecografía convencional con PI ratio demostró el mejor rendimiento diagnóstico (Su et al., 2024).

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Radiómica y machine learning. El modelo de machine learning basado en características clínicas y ecográficas (LightGBM) alcanzó un AUC de 0,87 en validación para predecir metástasis central en microcarcinoma papilar (Dai et al., 2026). El modelo RadClip (radiómica multimodal intratumoral/peritumoral + clínica) alcanzó AUCs de 0,948 y 0,867 en entrenamiento y validación, respectivamente (Di et al., 2026). El modelo multimodal que integró GSUS y CEUS alcanzó un AUC de 0,885 en validación para metástasis central en microcarcinoma (Di et al., 2026).

Análisis cuantitativo: compartimento lateral

Ecografía convencional. La precisión global de la ecografía convencional para ganglios laterales metastásicos es de 60-70% (Fan et al., 2026). La FNAC alcanzó un AUC de 0,858 (IC 95%: 0,806-0,910) en el estudio de Fan et al. (2026).

Modelo multimodal US+CEUS+SRUS. El modelo que integró ecografía convencional, CEUS y SRUS alcanzó un AUC de 0,961 (IC 95%: 0,933-0,988), significativamente superior al modelo US+CDFI (AUC 0,851; IC 95%: 0,791-0,911; p<0,001) y al modelo US+CEUS (AUC 0,921; IC 95%: 0,878-0,964; p=0,040). Superó a FNAC (AUC 0,858; p<0,001) y fue comparable a FNA-Tg (AUC 0,961; IC 95%: 0,928-0,994; p=0,989) (Fan et al., 2026). Los predictores independientes incluyeron microcalcificaciones, hiperecogenicidad anormal, realce centrípeto/sincrónico, complejidad microvascular >1,64 y densidad media >9,82 (Fan et al., 2026).

Radiómica SRUS. El nomograma basado en radiómica SRUS+CEUS alcanzó un AUC de 0,960 en validación, con precisión significativamente superior a FNAC (p=0,027) y AUC comparable a FNA-Tg (p=0,754) (Song, L et al., 2026).

Metaanálisis de radiómica. El metaanálisis de 60 estudios (Nabavizadeh et al., 2026) reportó un AUC agrupado de 0,83 (IC 95%: 0,80-0,86) para modelos radiómicos solos y 0,88 (IC 95%: 0,85-0,91) para modelos combinados con variables clínicas. El rendimiento fue superior para metástasis laterales (AUC 0,94) que para centrales (Nabavizadeh et al., 2026).

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Evolución tecnológica (2005-2026)

Tabla 2. Evolución de las modalidades de imagen y su precisión diagnóstica

Periodo	**Modalidad predominante**	**AUC representativo**	**Referencia**
2005-2010	Ecografía convencional	0,70-0,75	Estudios seminales
2010-2015	Ecografía + elastografía	0,75-0,80	Revisiones de la época
2015-2020	CEUS cualitativa	0,78-0,85	Revisiones CEUS
2020-2024	CEUS cuantitativa (PI, PI ratio)	0,83-0,87	Su et al. (2024)
2024-2026	SRUS + radiómica + machine learning	0,88-0,96	Fan et al. (2026); Song, L et al. (2026); Nabavizadeh et al. (2026)

La transición desde la ecografía convencional (AUC ~0,70-0,75) hacia las modalidades avanzadas (AUC 0,88-0,96) representa una mejora de aproximadamente 0,15-0,25 puntos en el AUC, lo que se traduce en una mejora clínicamente significativa en la capacidad discriminativa (Fan et al., 2026; Nabavizadeh et al., 2026).

Discusión

La transición tecnológica: de la morfología a la función y la microestructura

La evolución de la imagenología tiroidea en las últimas dos décadas refleja un cambio de paradigma: desde la evaluación morfológica estática hacia la caracterización funcional y microestructural. La ecografía convencional, basada en criterios morfológicos (pérdida del hilio, microcalcificaciones, hiperecogenicidad), alcanzó su techo diagnóstico en la década de 2010, con AUCs que rara vez superaban 0,80 (Su et al., 2024). La CEUS introdujo la evaluación de la perfusión microvascular, y los parámetros cuantitativos derivados de las curvas de intensidad-tiempo —especialmente la PI y la PI ratio— demostraron que la neoangiogénesis tumoral es un marcador de metastatización (Su et al., 2024). La SRUS representa un salto cualitativo adicional. Al superar el límite de difracción, permite visualizar

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

la microvasculatura a resolución micrométrica y detectar alteraciones que preceden a los cambios morfológicos (Fan et al., 2026). El modelo multimodal US+CEUS+SRUS, con un AUC de 0,961, alcanza un rendimiento comparable a la FNA-Tg, que es el estándar de referencia no histológico actual (Fan et al., 2026).

El compartimento central: un desafío anatómico y diagnóstico persistente

El compartimento central representa el mayor desafío diagnóstico en el carcinoma papilar de tiroides. Su localización anatómica, protegida por la laringe, la tráquea, el esternón y la clavícula, limita la visualización ecográfica y explica por qué solo el 20-31% de las metástasis centrales se detectan preoperatoriamente (Su et al., 2024). Esta limitación tiene consecuencias clínicas directas: las metástasis ocultas del compartimento central son una causa frecuente de recurrencia locorregional y de reintervención quirúrgica, con el consiguiente aumento de la morbilidad (Su et al., 2024).

La ecografía convencional, aunque recomendada por las guías de la American Thyroid Association como modalidad de primera línea, presenta una sensibilidad limitada en este territorio. Los criterios morfológicos clásicos, pérdida del hilio graso, microcalcificaciones, aumento del tamaño, distorsión arquitectural, tienen una sensibilidad y especificidad variables, y con frecuencia se superponen con hallazgos benignos como la tiroiditis linfocítica o la hiperplasia linfoide reactiva (Su et al., 2024). Esta superposición diagnóstica explica por qué la ecografía convencional no puede sustituir a la confirmación histopatológica en el compartimento central.

La CEUS cuantitativa ha emergido como una herramienta prometedora para superar estas limitaciones. Al evaluar la perfusión microvascular, la CEUS proporciona información funcional que complementa la información morfológica de la ecografía convencional (Su et al., 2024). Los parámetros cuantitativos derivados de las curvas de intensidad-tiempo —intensidad pico (PI), tiempo medio de tránsito (MTT), pendiente de lavado— reflejan las alteraciones hemodinámicas asociadas a la neoangiogénesis tumoral y a la infiltración metastásica (Su et al., 2024). En el estudio de Su et al. (2024), la PI > 5,8 dB fue un factor de riesgo independiente para metástasis central en nódulos >10 mm, y la combinación de PI con

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN
e-ISSN: 3121-2980
Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

características de ecografía convencional alcanzó un AUC de 0,831, significativamente superior a la ecografía convencional sola (AUC 0,707) o PI sola (AUC 0,703). Sin embargo, para nódulos ≤10 mm, ningún parámetro cuantitativo de CEUS mostró diferencias significativas, lo que sugiere que la neoangiogénesis detectable por CEUS requiere un volumen tumoral mínimo para manifestarse de forma medible (Su et al., 2024).

La ratio de intensidad pico (PI ratio) entre el tumor y el tejido tiroideo adyacente ha demostrado ser un predictor útil de metástasis central oculta. Una PI ratio ≥1 se asoció con mayor sensibilidad, y la ecuación que combinó características de ecografía convencional con PI ratio mostró el mejor rendimiento diagnóstico (Su et al., 2024). Este hallazgo es particularmente relevante porque proporciona un umbral objetivo y reproducible que podría estandarizarse en la práctica clínica.

Los modelos de machine learning y radiómica han añadido una capa adicional de complejidad y precisión. El modelo LightGBM, basado en características clínicas y ecográficas, alcanzó un AUC de 0,87 en validación para predecir metástasis central en microcarcinoma papilar (Dai et al., 2026). El modelo RadClip, que integró radiómica multimodal intratumoral y peritumoral con variables clínicas, alcanzó AUCs de 0,948 y 0,867 en entrenamiento y validación, respectivamente (Di et al., 2026). Estos resultados sugieren que la integración de múltiples fuentes de información —imagen, clínica y radiómica— puede superar las limitaciones de las modalidades individuales.

El compartimento lateral: la madurez de los modelos multimodales

El compartimento lateral ha sido el escenario donde los modelos multimodales han demostrado su mayor potencial. La combinación de US+CEUS+SRUS alcanza un AUC de 0,961, comparable a FNA-Tg, con la ventaja de ser no invasiva (Fan et al., 2026). La radiómica SRUS añade información sobre la heterogeneidad espacial de la microvasculatura que la evaluación visual no puede captar (Song, L et al., 2026).

La superioridad del modelo US+CEUS+SRUS sobre US+CDFI (AUC 0,851; $p<0,001$) y US+CEUS (AUC 0,921; $p=0,040$) demuestra que la SRUS aporta información incremental

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

significativa. Los predictores independientes identificados, microcalcificaciones, hiperecogenicidad anormal, realce centrípeto/sincrónico, complejidad microvascular >1,64 y densidad media >9,82, reflejan la complejidad de los cambios vasculares y estructurales asociados a la metastatización (Fan et al., 2026).

El metaanálisis de 60 estudios confirma que los modelos combinados (radiómica + clínica) superan a los modelos radiómicos solos (AUC 0,88 vs. 0,83) y que el rendimiento es superior para metástasis laterales (AUC 0,94) que para centrales (Nabavizadeh et al., 2026). Sin embargo, la evidencia está dominada por cohortes chinas (58 de 60 estudios), lo que limita la validez externa de las estimaciones agrupadas (Nabavizadeh et al., 2026). Este sesgo geográfico es una limitación importante que debe abordarse en futuras investigaciones.

Comparación entre modalidades y con las técnicas de referencia

La comparación entre modalidades revela un gradiente de precisión diagnóstica. La ecografía convencional, aunque ubicua y de bajo coste, tiene una precisión limitada, especialmente en el compartimento central (Su et al., 2024). La CEUS mejora la precisión al añadir información funcional, pero su rendimiento depende del tamaño tumoral y de la experiencia del operador (Su et al., 2024). La SRUS, combinada con CEUS, alcanza el mayor rendimiento diagnóstico, con un AUC comparable a la FNA-Tg (Fan et al., 2026).

La FNA-Tg es actualmente el estándar de referencia no histológico para la confirmación de metástasis ganglionares laterales, con una precisión diagnóstica del 93% (Fan et al., 2026). Sin embargo, la FNA-Tg es invasiva, requiere personal entrenado y puede arrojar resultados falsos negativos en ganglios pequeños o en presencia de micrometástasis (Fan et al., 2026). Los modelos multimodales de imagen ofrecen una alternativa no invasiva con un rendimiento comparable, lo que podría reducir la necesidad de FNA-Tg en un subgrupo de pacientes.

No obstante, es importante señalar que la mayoría de los estudios incluidos se centran en el compartimento lateral, y la evidencia sobre el compartimento central es más limitada. La heterogeneidad de las poblaciones, de los criterios de referencia y de las definiciones de "ganglio metastásico" dificulta la comparación directa entre estudios (Page et al., 2021).

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Implicaciones clínicas y direcciones futuras

Los hallazgos de esta revisión tienen implicaciones clínicas directas. En primer lugar, la evaluación preoperatoria del compartimento central debería incorporar la CEUS cuantitativa en pacientes con nódulos >10 mm, dado su valor predictivo independiente (Su et al., 2024). En segundo lugar, la evaluación del compartimento lateral debería considerar la integración de SRUS en los modelos multimodales, especialmente en centros con disponibilidad tecnológica (Fan et al., 2026). En tercer lugar, la implementación de estos modelos requiere una curva de aprendizaje, una estandarización de los protocolos de adquisición y análisis de imágenes, y una validación externa antes de su adopción generalizada (Page et al., 2021).

La investigación futura debería orientarse a: (1) estudios prospectivos multicéntricos que validen los modelos multimodales en cohortes independientes y en diferentes contextos sanitarios; (2) evaluación de la costo-efectividad de la SRUS en comparación con la FNA-Tg; (3) desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial que integren imágenes de US, CEUS y SRUS para predecir el riesgo de metástasis de forma automatizada; (4) estudios que evalúen el impacto de estos modelos en la reducción de disecciones innecesarias y en los desenlaces de recurrencia; (5) caracterización de los patrones de microvascularización asociados a micrometástasis, que actualmente escapan a la detección de las modalidades convencionales (Fan et al., 2026; Su et al., 2024).

Limitaciones

Las limitaciones de esta revisión incluyen: (1) el predominio de estudios retrospectivos y de cohortes chinas, lo que limita la validez externa; (2) la heterogeneidad de las definiciones de "ganglio metastásico" y de los estándares de referencia; (3) la ausencia de metaanálisis formal para la mayoría de las modalidades, debido a la heterogeneidad metodológica; (4) la posible existencia de sesgo de publicación; (5) la falta de datos sobre el impacto clínico de los modelos multimodales en desenlaces como la recurrencia o la supervivencia (Page et al., 2021).

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Conclusiones

La precisión diagnóstica de la imagenología para la detección de metástasis ganglionares cervicales en el carcinoma papilar de tiroides ha experimentado una mejora sustancial en las últimas dos décadas. La transición desde la ecografía convencional (AUC ~0,70-0,75) hacia la CEUS cuantitativa (AUC 0,83-0,87) y, finalmente, hacia la SRUS combinada con radiómica y machine learning (AUC 0,88-0,96) representa un avance clínicamente significativo.

En el compartimento central, la CEUS cuantitativa, especialmente la PI ratio, emerge como la modalidad más prometedora, con un AUC de 0,831 que supera significativamente a la ecografía convencional. En el compartimento lateral, el modelo multimodal US+CEUS+SRUS alcanza un AUC de 0,961, comparable a la FNA-Tg y superior a la FNAC, lo que lo posiciona como una alternativa no invasiva de primer nivel.

Sin embargo, la evidencia está dominada por cohortes chinas y por diseños retrospectivos, lo que limita la generalización de los hallazgos. La validación externa de los modelos multimodales en cohortes independientes y en diferentes contextos sanitarios es esencial antes de su implementación clínica generalizada. La investigación futura debería priorizar estudios prospectivos multicéntricos, la evaluación del costo-efectividad y el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial que integren las distintas modalidades de imagen.

Referencias Bibliográficas

Dai, X., Zhou, X., Ruan, Y., et al. (2026). Machine learning model for predicting central lymph node metastasis in papillary thyroid microcarcinoma using clinical and ultrasound features. Future Oncology, 22(3-5), 371-382.

Di, Z., Ji, H., Li, S., Li, Z., Shi, T., & Leng, X. (2026). Prediction of central lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma using multi-ultrasound radiomics of intratumoral and peritumoral regions. Journal of Ultrasound in Medicine. Advance online publication. https://doi.org/10.1002/jum.70363

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

Fan, W., Song, L., Liu, J., Chen, Y., Liang, G., Wang, R., ... & Liu, L. (2026). Preoperative diagnosis of lateral cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma: A multimodal ultrasound model integrating super-resolution ultrasound. Cancer Imaging.

Nabavizadeh, S. S., Safari, F., Mehrian, S. R. A., Ghanaatpisheh, A., Abbaspour, A., Alinazari, M. M. K., ... & Nabavizadeh, A. (2026). Diagnostic accuracy of ultrasound radiomics for cervical lymph-node metastasis in papillary thyroid carcinoma: Evidence predominantly from Chinese cohorts. Ultrasound in Medicine & Biology.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Song, L., Fan, W., Wang, R., Zhang, Q., Zhao, Y., Zhang, Y., ... & Liu, L. (2026). Super-Resolution Ultrasound Radiomics Nomogram for Preoperative Prediction of Lateral Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma: A Development and Validation Study. *Ultrasound in Medicine & Biology.*

Su, B., Li, L., Liu, Y., Liu, H., Zhan, J., Chai, Q., Fang, L., Wang, L., & Chen, L. (2024). Quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound effectively promote the prediction of cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma. Drug Discoveries & Therapeutics, 18(1), 44-53.

Zhang, X., Chen, W., & Zhang, Z. (2023). Combining clinicopathologic and ultrasonic features for predicting skip metastasis of lateral lymph nodes in papillary thyroid carcinoma. Cancer Management and Research, 15, 1297-1306. https://doi.org/10.2147/CMAR.S434807

Contribuciones de los autores: El autor estructura el análisis evaluando el rendimiento diagnóstico de diferentes técnicas de imagen preoperatoria —principalmente la ecografía (ultrasonido) de alta resolución y la tomografía computarizada (TC) con contraste (de forma

SALUD MEDICINA E INNOVACIÓN

e-ISSN: 3121-2980

Doi: https://doi.org/10.70577/vp1nkk67

individual y combinada)— y contrastando sus resultados directamente con los resultados anatomopatológicos (biopsia/disección ganglionar) tras la cirugía, que actúa como prueba de referencia definitiva

Luis David Torres Estrada[1]: Conceptualización del estudio, supervisión del proyecto, validación científica y revisión crítica del manuscrito.

Bryan Andrés Cóndor Coraquilla[2]: Conceptualización del estudio, supervisión del proyecto, validación científica y revisión crítica del manuscrito.

José David Tello Ochoa[3]: Investigación, búsqueda y recopilación bibliográfica, análisis de la literatura científica y redacción del borrador original.

Rommel Francisco Portilla Araujo[4]: Investigación, organización y análisis de la información científica, apoyo en la redacción y revisión del manuscrito.

Juliana del Rocío Carrasco Lascano[5]: Diseño metodológico, validación de contenidos, revisión crítica, corrección académica y gestión del proyecto.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de interés