

Plaque-RADS carotídeo en la estratificación del riesgo de ictus isquémico por ecografía dúplex: una revisión narrativa

Carotid Plaque-RADS in risk stratification for ischemic stroke using duplex ultrasound: a narrative review

Freddy Rojas-Battistelli 

Unidad de Ecografía, Centro Médico Maracay, Aragua, Venezuela

Resumen

Los eventos cerebrovasculares isquémicos son la segunda causa global de mortalidad, con la aterosclerosis carotídea como un factor de riesgo clave. Aunque la ecografía dúplex (ED) es el método de cribado inicial, su poder predictivo para determinar la vulnerabilidad de las placas se cuestiona por la alta variabilidad entre operadores. Esta limitación subraya la necesidad de protocolos estandarizados para afianzar el valor predictivo de la ecografía en el riesgo de ictus. Esta revisión se centró en analizar la implementación del modelo Plaque-RADS en la evaluación ecográfica de placas carotídeas y su impacto potencial en la estandarización y la estratificación del riesgo de ictus tromboembólico. La investigación documental señala la importancia de estructuras fisiopatológicas como el núcleo necrótico o la cápsula fibrosa, y la utilidad de su descripción para clasificar el riesgo de ictus según las cuatro categorías de riesgo propuestas en el sistema Plaque-RADS. La conclusión es que la adopción sistemática del sistema Plaque-RADS podría reducir la variabilidad interoperator, mejorando la reproducibilidad y el valor predictivo de la ED en el riesgo de ictus isquémico. Sin embargo, al ser un modelo reciente se requiere investigación a mayor escala para validar sus resultados e integrarlo a los protocolos clínicos establecidos.

Palabras clave: Plaque-RADS. Estenosis carotídea. Arterias carótidas. Ultrasonografía Doppler dúplex. Accidente cerebrovascular isquémico

Abstract

Ischemic cerebrovascular events are the second leading cause of death worldwide, with carotid atherosclerosis being a key risk factor. Although duplex ultrasound (DU) is the initial screening method, its predictive power in determining plaque vulnerability is often questioned due to high inter-operator variability. This limitation underscores the need for standardized protocols to strengthen the predictive value of ultrasound in stroke risk assessment. This review focused on analyzing the implementation of the Plaque-RADS model for the sonographic evaluation of carotid plaques and its potential impact on standardizing and stratifying the risk of thromboembolic stroke. The literature review highlighted the importance of pathophysiological structures like the necrotic core and fibrous cap, and how describing these features is useful for classifying stroke risk based on the four risk categories proposed in the Plaque-RADS system. The main conclusion is that the systematic adoption of the Plaque-RADS system could reduce inter-operator variability, thereby enhancing the reproducibility and predictive value of DU for ischemic stroke risk. However, as this is a relatively new model, larger-scale research is required to validate its results and integrate it into established clinical protocols.

Keywords: Plaque-RADS. Carotid stenosis. Carotid arteries. Ultrasonography Doppler duplex. Ischemic stroke.

*Correspondencia:

Freddy Rojas-Battistelli

E-mail: frojasbattistelli@gmail.com

Fecha de recepción: 10-10-2025

Fecha de aceptación: 27-02-2026

DOI: 10.24875/RAR.25000105

Disponible en internet: 10-06-2026

Rev Argent Radiol. (Ahead of print)

www.revistarar.com

1852-9992 / © 2026 Sociedad Argentina de Radiología (SAR) y Federación Argentina de Asociaciones de Radiología, Diagnóstico por Imágenes y Terapia Radiante (FAARDIT). Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Los eventos cerebrovasculares son la segunda causa de mortalidad en todo el mundo, siendo el 87% de etiología isquémica y frecuentemente asociada a aterosclerosis de las arterias carótidas¹⁻⁴. Existen diversos métodos no invasivos de diagnóstico por imagen que permiten evaluar los aspectos morfológicos y hemodinámicos inherentes a esta patología, entre los que destacan la ecografía, la angiografía por tomografía computada (TC) y la angiografía por resonancia magnética (RM)^{5,6}. La modalidad de ecografía dúplex (ED), que integra la evaluación anatómica en modo B con la evaluación funcional de los modos Doppler color y espectral⁷, es la técnica de elección para el cribado de aterosclerosis y forma parte de la evaluación inicial de los pacientes con ictus, cumpliendo un papel relevante en la valoración de las arterias carótidas y de los vasos supraaórticos⁸. Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece, la precisión del diagnóstico ecográfico con frecuencia es objeto de cuestionamiento, principalmente debido al hecho de que la sensibilidad del estudio depende en gran medida de la experiencia y del entrenamiento del operador^{9,10}.

La variabilidad interoperador ha sido señalada como un factor que afecta la sensibilidad y la especificidad de los estudios ecográficos en prácticamente cualquier ámbito. En materia de aterosclerosis de las arterias carótidas, se han desarrollado consensos y protocolos para mitigar la subjetividad de los estudios ecográficos mediante una metodología de trabajo global, con recomendaciones de evaluación, léxico e informe, con el objetivo de estandarizar las conclusiones y mejorar la reproducibilidad de los resultados¹¹⁻¹⁴. No obstante, a pesar de estos esfuerzos la variabilidad dependiente del operador sigue siendo un factor polarizante respecto a la precisión diagnóstica de la ecografía en el diagnóstico de aterosclerosis y en la estadificación del riesgo de ictus isquémico.

Los aspectos clave para la evaluación de la aterosclerosis carotídea por ecografía son determinar el grado de estenosis luminal y ofrecer una clasificación inicial de las placas de ateroma según su potencial embolígeno, es decir, de acuerdo con el riesgo que tienen de sufrir una ruptura que desencadene fenómenos tromboembólicos obstructivos en el cerebro^{9,12}. Se ha descrito este último mecanismo, la embolización a partir de una placa vulnerable, como el más frecuentemente asociado al ictus³.

La posición de la ED como estudio de primera línea en el abordaje de la aterosclerosis de las arterias

carótidas señala la importancia de diseñar protocolos para el estudio, la descripción y la caracterización de las placas de ateroma, los cuales apunten a ofrecer un modelo de reporte de interpretación global que mejore la comunicación entre investigadores, médicos radiólogos y clínicos tratantes. En respuesta a esta necesidad, surge un sistema de clasificación basado en los modelos RADS (*Reporting and Data System*), el Plaque-RADS carotídeo, que estadifica el riesgo de eventos cerebrovasculares en cuatro categorías bien definidas¹⁵. Este modelo, aplicable a diferentes modalidades de imagenología, ofrece un sistema estandarizado de clasificación de las placas de ateroma según su composición y morfología.

Sabiendo que la estandarización mejora los resultados de los estudios ecográficos¹⁶⁻¹⁸ y que la ED es la prueba de imagen de primera línea para el abordaje de la aterosclerosis⁸, el Plaque-RADS carotídeo se perfila como una herramienta clave, con potencial para optimizar la estadificación del riesgo de ictus isquémico mediante una modalidad de imagen con todos los beneficios mencionados de la ecografía y con una menor variabilidad interoperador. El mayor grado de confianza en los resultados ecográficos podría mejorar aspectos relacionados con la toma de decisiones clínicas o quirúrgicas, el seguimiento preciso de los casos y la generación de datos de interpretación universal en términos de investigación científica. Con esto en mente, el objetivo de la presente revisión es analizar las ventajas de la implementación sistemática del modelo Plaque-RADS en la evaluación y el reporte de aterosclerosis de las arterias carótidas, y su impacto en la determinación del riesgo de ictus mediante ED.

Metodología y estrategia de búsqueda

Este trabajo consiste en una revisión narrativa de la literatura disponible sobre los aportes y las nuevas estrategias en la estadificación del riesgo de ictus isquémico mediante ED. Para ellos se realizó una búsqueda en las bases de datos biomédicas PubMed, Scopus, Google Scholar y SciELO, la cual se ajustó para abarcar el periodo comprendido desde enero de 2010 hasta la actualidad. Adicionalmente, se incluyeron de forma manual referencias previas al periodo de búsqueda seleccionado debido a su carácter seminal en la descripción de la vulnerabilidad de la placa carotídea o su estudio a través de la ecografía. Se utilizaron los términos de búsqueda (MeSH/DeCS) “*Plaque-RADS*”, “*Carotid ultrasound*”, “*Stroke*”, “*Vulnerable plaque*” y “*Atherosclerosis*”, y sus equivalentes en

español, además de los operadores booleanos AND, OR y NOT.

Los criterios de inclusión se centraron en artículos originales, revisiones sistemáticas, consensos y guías de práctica clínica publicadas en inglés o español, los cuales abordaran específicamente temas relacionados con la ED de las arterias carótidas, la aterosclerosis carotídea, la importancia de la estandarización en ecografía, la relación entre las placas de ateroma en las arterias carótidas y el riesgo de ictus, y la clasificación Plaque-RADS.

Se identificaron 89 artículos, de los cuales se eliminaron inicialmente 21 por estar en un idioma diferente del inglés o el español, o por tratarse de duplicados. De los 68 artículos restantes se descartaron 23 debido a la imposibilidad de acceder al texto completo, dejando el número de artículos a revisar en 45. Finalmente, se seleccionaron los artículos cuyo contenido se ajustaba a los criterios de inclusión y al propósito de esta revisión, resultando en un total de 30 artículos incluidos. El proceso de selección se detalla en el diagrama de flujo de la [figura 1](#).

Aterosclerosis carotídea: de la placa vulnerable al ictus

La aterosclerosis es una enfermedad caracterizada por la acumulación de lípidos (lipoproteínas de baja densidad y colesterol), células del sistema inmunitario y elementos fibrosos en el espacio subendotelial de una arteria. En la fisiopatología de la aterosclerosis, estos elementos interactúan con factores proinflamatorios que inducen un ciclo complejo en componentes bioquímicos, que culmina en engrosamiento de la pared arterial con focos de calcificación progresivos y desarrollo de sobrelevaciones (placas de ateroma) que, en última instancia, pueden sufrir ruptura o erosión, lo cual expone el material intramural, altamente protrombótico, a la circulación¹⁹.

La formación de las placas de ateroma inicia con la infiltración de lípidos y células inmunitarias a la pared arterial, formando una estructura histológica conocida como estría grasa. Como parte de la evolución natural de la enfermedad, las células inmunitarias (principalmente macrófagos) mueren, lo que resulta en la formación de un área acelular rica en lípidos conocida como núcleo necrótico. Este núcleo luego es cubierto por una capa de material fibroso que ayuda a estabilizar la placa e impide la exposición de su contenido a la circulación, donde estimularía procesos trombóticos. El núcleo necrótico aumenta de tamaño a medida que se desarrolla la placa

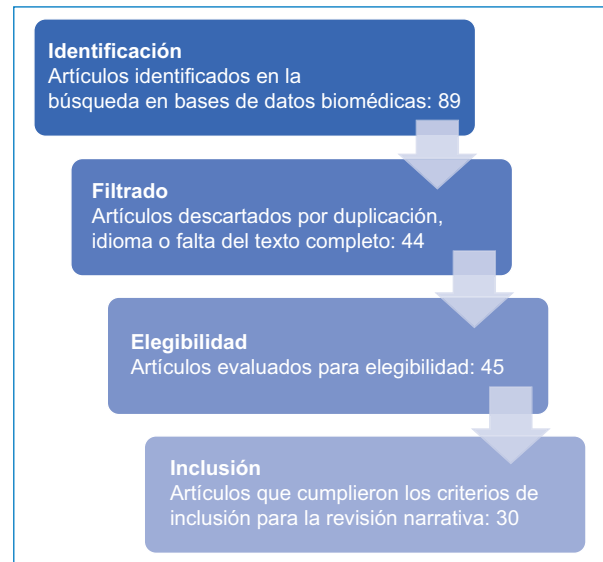


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de los artículos incluidos en la revisión.

de ateroma, principalmente debido a un ciclo proinflamatorio crónico mediado por la muerte de macrófagos, esto derivando también en la muerte de células musculares lisas y endoteliales, lo cual, junto con el adelgazamiento de la capa fibrosa, determina la vulnerabilidad de la placa^{19,20}. En síntesis, la vulnerabilidad de la placa de ateroma está determinada por el tamaño del núcleo necrótico, la capacidad de la capa fibrosa para separar este centro lipídico de la circulación, y la afección de las células murales por la respuesta inflamatoria local.

La ruptura de la placa implica la exposición del espacio subendotelial a la sangre, lo que desencadena el mecanismo fisiológico de la coagulación. Específicamente, el núcleo necrótico contiene factor tisular, que reacciona con el factor VII del plasma, activando la vía extrínseca de cascada de coagulación, lo que lleva a la producción de trombina, un mediador en la producción de fibrina. La fibrina es una proteína que se dispone en forma de redes que capturan elementos formes de la sangre para constituir una estructura organizada y estable conocida como trombo¹⁸. Aunque la formación de trombos es un proceso fisiológico diseñado para cerrar heridas, en la fisiopatología de la aterosclerosis induce el crecimiento de la íntima, reduciendo el lumen del vaso y causando estenosis progresiva. No obstante, la característica de mayor interés clínico es que el trombo formado sobre la placa rota puede ser inestable y desprenderse, produciendo coágulos, denominados émbolos, capaces de obstruir el flujo sanguíneo y producir así los eventos isquémicos agudos^{3,19}.

Evaluación de la placa carotídea por imágenes: la ecografía dúplex

En la actualidad, se considera que la RM de alta resolución es el estudio con mayor sensibilidad diagnóstica para la valoración de las placas de ateroma en el contexto de riesgo de ictus isquémico. Esta modalidad de imagen permite describir características clave para determinar la vulnerabilidad o la estabilidad de una placa, como el grado de calcificación, el espesor y la integridad de la cápsula fibrosa, la detección de ulceraciones o de hemorragias intraplaca, y la observación del núcleo necrótico rico en lípidos²¹. A pesar de esto, incluso tratándose de estudios por RM, es bien reconocida la necesidad de diseñar protocolos estandarizados que permitan unificar criterios para estandarizar el riesgo de ictus isquémico de acuerdo con las características de la placa^{21,22}.

La ED, por su parte, ha mostrado una sensibilidad variable para la caracterización de los componentes de vulnerabilidad. Al compararla con la RM, su debilidad más notoria es la baja capacidad para la detección de hemorragias intraplaca, el predictor más fuerte de riesgo isquémico futuro. A continuación, se presenta un análisis comparativo del rendimiento diagnóstico de la ED en comparación con la RM respecto a los elementos que determinan la vulnerabilidad de una placa de ateroma^{23,24} (Tabla 1).

El rendimiento diagnóstico de la ecografía para la caracterización de placas vulnerables parece ser débil en comparación con la RM. Sin embargo, en los análisis estadísticos revisados, el rendimiento de la ecografía se valoró en ausencia de un sistema de clasificación estandarizado, en contraste con la RM, que cuenta con protocolos desarrollados para maximizar su capacidad de diagnóstico y caracterización de las placas de ateroma. En este sentido, se puede estimar que desarrollar protocolos ecográficos que permitan valorar y caracterizar de manera estandarizada la vulnerabilidad de las placas en las arterias carótidas sería un aporte capaz de elevar significativamente el rendimiento diagnóstico de este método, reduciendo la brecha existente entre el método de referencia actual y la modalidad que se ha consolidado como la forma más efectiva de evaluación inicial.

No hay dudas respecto a la consolidación de la ED como el estudio de primera línea para el cribado de aterosclerosis y su evaluación inicial⁷. Los puntos fuertes que la mantienen posicionada son que se trata de un estudio no invasivo, de bajo costo, ampliamente disponible, rápido y con un grado de precisión

Tabla 1. Rendimiento diagnóstico de la ED en comparación con la RM en cuanto a los elementos de vulnerabilidad de la placa de ateroma

Parámetro	Técnica	Sensibilidad	Especificidad
Hemorragia intraplaca	RM	82-97%	74-100%
	ED	~ 40-60%	Variable
Núcleo lipídico	RM	81-92%	74-91%
	ED	Baja-moderada	-
Cápsula fibrosa (ruptura)	RM	~ 81%	~ 90%
	ED	Baja	-
Estenosis luminal	RM	Similar a la ED	Similar a la ED
	ED	85-95%	85-95%

Elaborada a partir de Saba et al.²³ y Paraskevas et al.²⁴.

aceptable para el diagnóstico de estenosis de las arterias carótidas y la evaluación de placas vulnerables^{6,9,13,25}. Hasta ahora, la determinación ecográfica de la vulnerabilidad de la placa aterosclerótica se basaba en la observación de dos elementos clave: la ecogenicidad y la morfología de la superficie.

El análisis de la ecogenicidad de una placa de ateroma puede arrojar información que permita deducir su probable composición histológica con cierto grado de precisión. La hipoecogenicidad generalmente se asocia a placas blandas, compuestas por un núcleo lipídico necrótico de gran tamaño o que contienen sangre en su interior (hemorragia intraplaca); mientras que la isoecogenicidad o la hiperecogenicidad leve se asocian más a placas estables, de composición fibrosa o fibroadiposa, y la hiperecogenicidad típicamente implica la calcificación total o parcial de la placa, en especial si se acompaña de sombra acústica posterior²⁶. Es cierto que con la ecografía no se puede determinar con certeza la estructura histológica de una placa²⁷, principalmente porque hay elementos histopatológicos que comparten características ecográficas. Sin embargo, los componentes que se superponen en la evaluación de la ecogenicidad también comparten lugar entre los criterios de clasificación de vulnerabilidad; por ejemplo, tanto el núcleo necrótico como la hemorragia intraplaca se observan como elementos anecogénicos o hipoecogénicos, y al mismo tiempo ambos son factores que determinan la vulnerabilidad de una placa²⁶.

La evaluación de la superficie de la placa de ateroma se considera un criterio importante para determinar la vulnerabilidad²⁸. Las alteraciones morfológicas de la

Clasificación	Ilustración	Descripción	Riesgo
Plaque-RADS 1		Pared normal. Sin evidencia de placas de ateroma.	Ausente

Figura 2. Ilustración y descripción de la categoría Plaque-RADS 1.

superficie de las placas carotídeas, bien sea en forma de irregularidades o de francas ulceraciones, se han relacionado con un riesgo alto de ruptura^{26,29}. En algunos casos, la superficie de la placa también puede estar calcificada, pudiendo llegar a proyectar una sombra acústica que impida la evaluación completa del centro de la placa, siendo esta una limitación importante de la evaluación ecográfica de la aterosclerosis²⁷. No obstante, a pesar de ser un impedimento, el análisis del patrón de calcificación de la placa es en sí mismo un criterio de interés en la estimación de la vulnerabilidad, ya que las calcificaciones extensas regularmente están asociadas a placas estables, mientras que las microcalcificaciones dispersas están presentes a menudo en placas de alto riesgo²⁶.

Así, las placas iso- o hiperecogénicas, homogéneas, con superficie regular y calcificadas, se consideran placas estables, mientras que aquellas hipo- o anecogénicas, heterogéneas, con superficie irregular o ulcerada, y con microcalcificaciones, se clasifican como placas vulnerables e implican mayor riesgo de ictus isquémico. Esta descripción general de la vulnerabilidad ha sido objeto de debate durante mucho tiempo, principalmente debido a que los criterios usados son susceptibles a la interpretación, la técnica y la experiencia del operador^{26,27,29}. Esto destaca la fuerte necesidad de establecer un protocolo estandarizado y universal que unifique los criterios descriptivos de mayor interés para la estratificación del riesgo de ictus isquémico mediante el estudio ecográfico de las placas de ateroma en las arterias carótidas.

El desarrollo de métodos más avanzados de ecografía ha permitido mejorar de manera significativa la precisión diagnóstica por este medio y ha ampliado la lista de características evaluables para establecer el grado de vulnerabilidad. Las modalidades de ecografía contrastada, Doppler ultrarrápida y con reconstrucción tridimensional han permitido acercarse a aspectos de evaluación antes solo disponibles por métodos de mayor complejidad,

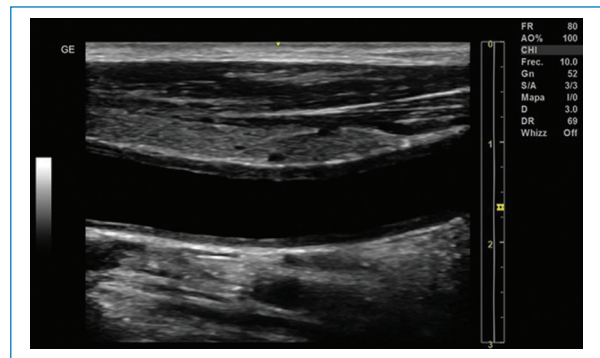


Figura 3. Imagen en modo B. Corte longitudinal de arteria carótida común. Se observa un engrosamiento del complejo mioíntimal, sin evidenciar placa de ateroma. Clasificación Plaque-RADS 1.

llevando la sensibilidad a niveles cercanos a los de la resonancia magnética de alta resolución³⁰. Por ejemplo, las modalidades avanzadas de ecografía ultrarrápida y contrastada han permitido la evaluación de neovascularización de las placas de ateroma, que es un criterio importante de inestabilidad antes típicamente observable por resonancia magnética.

Plaque-RADS carotídeo: clasificación ecográfica de la placa carotídea

El Plaque-RADS carotídeo se desarrolla en respuesta a la necesidad de estandarizar los criterios de riesgo de ictus isquémico por aterosclerosis carotídea. Se trata de una herramienta que trasciende la modalidad de imagenología usando el formato universal de los modelos RADS. Así, establece un sistema de clasificación basado en las características morfológicas y estructurales de las placas de ateroma identificables por diferentes métodos de diagnóstico por imágenes, como ecografía, TC y RM¹⁵. De acuerdo con el alcance de la investigación realizada, este sería el primer sistema multimodal capaz de unificar criterios en las

Clasificación	Ilustración	Descripción	Riesgo
Plaque-RADS 2		Placa de espesor < a 3 mm.	Bajo
		Puede contener un núcleo necrótico pequeño, con cápsula fibrosa gruesa.	
		El núcleo necrótico puede presentar calcificaciones.	
		La placa fibrosa puede presentar calcificaciones.	

Figura 4. Ilustración y descripción de la categoría Plaque-RADS 2.

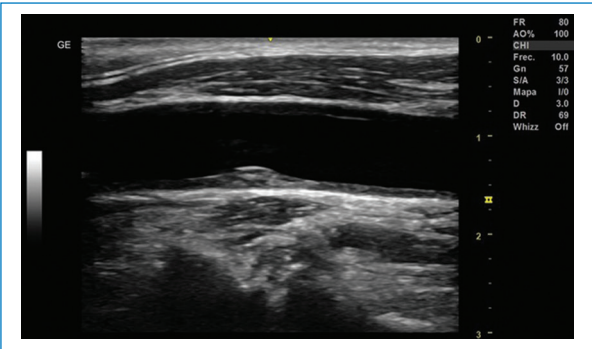


Figura 5. Imagen en modo B. Corte longitudinal de arteria carótida común. Se observa una placa de ateroma de espesor < 3 mm, de composición predominantemente fibrosa. Clasificación Plaque-RADS 2.

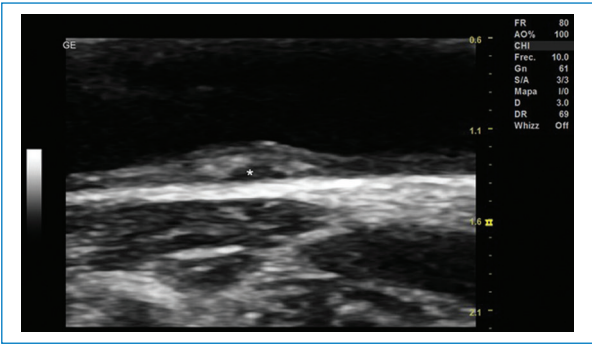


Figura 6. Imagen en modo B. Corte longitudinal de arteria carótida común. Se observa una placa de ateroma de espesor < 3 mm. Nótese el área hipoeecogénica en su interior (asterisco), la cual probablemente esté relacionada con un núcleo necrótico pequeño. Clasificación Plaque-RADS 2.

principales modalidades de diagnóstico no invasivo de aterosclerosis.

De acuerdo con las características morfológicas y de composición, el modelo Plaque-RADS clasifica las placas de ateroma en una escala del 1 al 4 con subclasificaciones. Las categorías y los criterios de clasificación de las placas, así como el riesgo probable de ictus isquémico asociado, según lo definido por Saba et al.¹⁵, autores originales de esta clasificación, son los siguientes:

- Plaque-RADS 1: arterias carótidas normales, sin evidencia de placas de ateroma. Se relaciona con

ausencia de riesgo de evento cerebrovascular de origen tromboembólico (Figs. 2 y 3).

- Plaque-RADS 2: se caracteriza por la presencia de una placa excéntrica con un espesor máximo de pared < 3 mm. Las placas en esta categoría incluyen aquellas que tienen una o más de las siguientes características: composición principalmente fibrosa, núcleo necrótico pequeño y calcificaciones. Estas placas generalmente son estables y tienen bajo riesgo de causar eventos cerebrovasculares, pero son de

Clasificación	Ilustración	Descripción	Riesgo
Plaque-RADS 3	a) 	Placa de espesor ≥ 3 mm. Núcleo necrótico grande con cápsula fibrosa gruesa.	Moderado
	b) 	Núcleo necrótico grande con cápsula fibrosa delgada (o sin cápsula fibrosa gruesa demostrable).	
	c) 	Placa ulcerada, sin importar el espesor. Sin hemorragia intraplaca, ruptura o trombos intraluminales.	

Figura 7. Ilustración y descripción de la categoría Plaque-RADS 3 y sus subtipos.

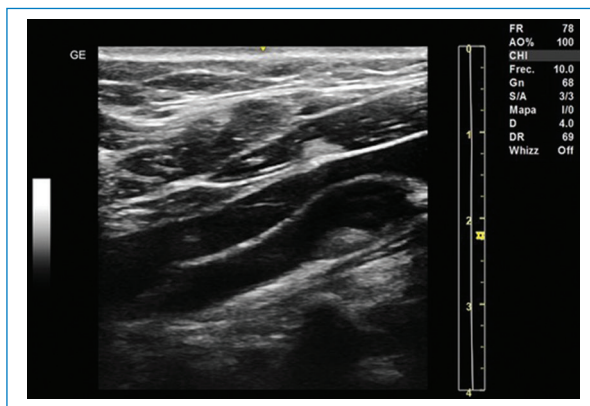


Figura 8. Imagen en modo B. Corte longitudinal de arteria carótida común. Se observa una placa de ateroma de espesor > 3 mm, bastante homogénea y de composición predominantemente fibrosa. Su diámetro es el parámetro que le otorga una clasificación de riesgo mayor. Clasificación Plaque-RADS 3a.

interés por su potencial precursor de lesiones más complejas (Figs. 4 a 6).

- Plaque-RADS 3: describe placas de ateroma con espesor máximo de la pared ≥ 3 mm, sin indicios de ruptura. La composición de estas placas incluye núcleo necrótico mediano a grande, calcificaciones, ulceraciones curadas y tejido fibroso. Esta categoría se subdivide en tres subcategorías: a) placa con núcleo necrótico grande, cápsula fibrosa gruesa y espesor de la pared ≥ 3 mm; b) características similares a la anterior, pero con una cápsula fibrosa delgada; y c) placas de ateroma ulceradas, independientemente de su

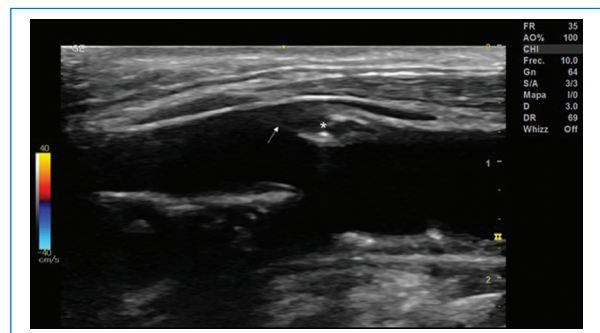


Figura 9. Imagen en modo B. Corte longitudinal del bulbo carotídeo. Se observa una placa de ateroma de espesor > 3 mm en la pared anterior del mismo, con un núcleo necrótico grande (asterisco) y un área de adelgazamiento de la cápsula fibrosa (flecha). Clasificación Plaque-RADS 3b.

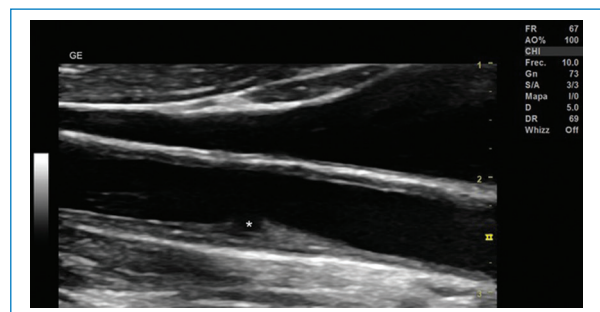


Figura 10. Imagen en modo B. Corte longitudinal de arteria carótida común. Se observa una placa de ateroma de morfología ulcerada (asterisco), la cual posee una cápsula fibrosa delgada en el área (línea hiperecogénica) y no muestra signos de ruptura. Clasificación Plaque-RADS 3c.

Clasificación	Ilustración	Descripción	Riesgo
Plaque-RADS 4	a) 	Independiente del espesor. Hemorragia intraplaca.	Alto
	b) 	Ruptura de la cápsula fibrosa.	
	c) 	Placa con trombo intraluminal. Suele acompañarse de cápsula rota y hemorragia intraplaca	

Figura 11. Ilustración y descripción de la categoría Plaque-RADS 4 y sus subtipos.

espesor, en ausencia de hemorragias intraplaca, ruptura de la cápsula fibrosa o presencia de trombos intraluminales. Es importante señalar que la ED no siempre es capaz de identificar una cápsula fibrosa delgada, por lo que la clasificación 3b a menudo se realiza por inferencia, bajo el criterio de identificar el núcleo necrótico sin una cubierta fibrosa gruesa demostrable. El riesgo de evento cerebrovascular isquémico asociado a esta clasificación se entiende como moderado (Figs. 7 a 10).

- Plaque-RADS 4: es independiente del espesor de la pared. Se define por la presencia de al menos uno de los siguientes: hemorragia intraplaca, cápsula fibrosa rota o presencia de trombos intraluminales. Estas características son criterios de placa inestable con alto riesgo de causar un evento cerebrovascular isquémico. Si la modalidad o la calidad de imagen lo permiten, es conveniente subclasificar esta categoría según la característica predominante, de la siguiente manera: a) hemorragia intraplaca, un factor presente en la mayoría de las placas complicadas en relación con ictus isquémico; b) ruptura de la cápsula fibrosa, lo cual usualmente se acompaña de procesos hemorrágicos (la exposición de los componentes protrombóticos de la placa es el principal mecanismo asociado a las complicaciones tromboembólicas); y c) placas con trombos intraluminales, pudiendo incluir además ruptura de la cápsula fibrosa y hemorragia intraplaca. La presencia de trombos intraluminales es la característica que mayor asociación tiene con

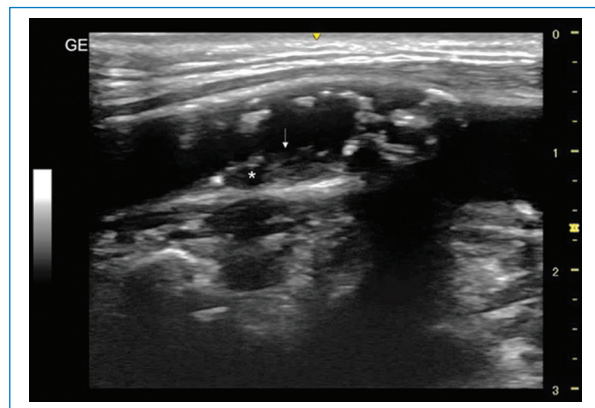


Figura 12. Imagen en modo B. Corte longitudinal de arteria carótida interna con estenosis significativa. Se observa una placa con un núcleo necrótico grande (asterisco) y un área muy hipoecogénica yuxtaluminal que no presenta cápsula fibrosa (flecha), lo cual podría estar en relación con un trombo o con la exposición del núcleo. Requiere estudio complementario con angiografía por RM. Clasificación Plaque-RADS 4c.

la incidencia de ictus isquémico, encontrándose en hasta un 92% de los casos de evento cerebrovascular de origen carotídeo (Figs. 11 y 12).

El poder del Plaque-RADS radica en la especificidad de sus definiciones, las cuales dejan poco espacio a la variabilidad interoperator. No está diseñado como un modelo para suplantarse a otras clasificaciones ni a otras metodologías, sino para servir como un complemento unificador de los criterios de mayor interés

descriptivo en la caracterización de las placas de ateroma según su potencial embolígeno.

Conclusiones y perspectivas futuras

El ictus isquémico es en la actualidad una de las causas más importantes de morbimortalidad en todo el mundo. Los fenómenos tromboembólicos son objeto de estudio como una de las causas más importantes de esta patología. En este sentido, la ED es el estudio de primera línea para la evaluación inicial de la aterosclerosis carotídea, una patología cuyo desenlace termina en la formación de placas con potencial embolígeno. A pesar de todas sus ventajas, a menudo los resultados de los estudios ecográficos son sometidos a cuestionamiento, principalmente debido a la variabilidad interoperador, ya que la descripción subjetiva de las placas de ateroma puede diferir entre observadores y entorpecer el diagnóstico y la estadificación del riesgo de evento isquémico cerebral.

El modelo Plaque-RADS es un sistema de clasificación multimodal diseñado para estandarizar la evaluación por imágenes de las placas de ateroma en las arterias carótidas y determinar el riesgo asociado de ictus isquémico de origen tromboembólico. Uno de sus aspectos más destacados es que permite obtener resultados coherentes, complementarios y extrapolables entre las principales modalidades de imagenología implicadas en la evaluación de la aterosclerosis carotídea (ecografía, TC y RM), lo cual le añade potencial para convertirse en un sistema de aplicación universal para clasificar el riesgo de evento cerebrovascular mediante una metodología adaptable al nivel de complejidad tecnológica disponible en los diferentes países y centros de salud o de investigación. Además, aplicado a la ecografía, la implementación del sistema Plaque-RADS impacta positivamente en la reproducibilidad de los resultados obtenidos, mitigando la variabilidad interoperador y resolviendo así uno de los principales obstáculos asociados a la validez del diagnóstico ecográfico y su valor predictivo en el establecimiento del riesgo asociado a las placas de ateroma.

Por su papel en el cribado y la evaluación inicial de la aterosclerosis carotídea, el fortalecimiento de la sensibilidad diagnóstica y del valor predictivo del estudio ecográfico de las placas de ateroma puede tener un impacto positivo significativo en la toma de decisiones terapéuticas orientadas a la prevención precoz del ictus isquémico por tromboembolia a partir de placas vulnerables.

A la luz de los hallazgos de esta investigación, son muchos los beneficios de la adopción sistemática del modelo estandarizado Plaque-RADS en la evaluación y la clasificación de las placas de ateroma por ecografía. Sin embargo, es un modelo reciente y, por tanto, es imperativo realizar estudios prospectivos a mayor escala que validen la estimación del riesgo de ictus y su impacto potencial sobre protocolos de estudio y tratamiento de la aterosclerosis carotídea. Asimismo, es de gran interés estudiar la posibilidad de crear modelos predictivos compuestos que integren la valoración morfológica de las placas de ateroma del Plaque-RADS con otros criterios como el grado de estenosis o los factores de riesgo clínicos o de laboratorio del paciente, para explorar la posibilidad de alcanzar un modelo integral e individualizado que mejore aún más la predicción del riesgo de ictus isquémico, contribuyendo así a optimizar la prevención y disminuir el impacto de una patología con tan alto índice de mortalidad en todo el mundo.

Financiamiento

El autor declara no haber recibido financiamiento para este estudio.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. El autor declara que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. El autor declara que no utilizó ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Feigin VL, Brainin M, Norrving B, Martins SO, Pandian J, Lindsay P, et al. World Stroke Organization: Global Stroke Fact Sheet 2025. *Int J Stroke*. 2025;20:132-44.
2. Virani S, Alonso A, Benjamin E, Bittencourt M, Callaway C, Carson A, et al. Heart disease and stroke statistics – 2020 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2020;141:139-596.
3. Mechtaouf L, Rasle L, Crespy V, Canet-Soulas E, Nighoghossian N, Millon A. A narrative review of the pathophysiology of ischemic stroke in carotid plaques: a distinction versus a compromise between hemodynamic and embolic mechanism. *Ann Transl Med*. 2021;9:1208.

4. van Velzen TJ, Kuhrij LS, Westendorp WF, van de Beek D, Nederkoorn PJ. Prevalence, predictors and outcome of carotid stenosis: a sub study in the Preventive Antibiotics in Stroke Study (PASS). *BMC Neurol.* 2021;21:20.
5. Surur AM, Buccolini TV, Londero HF, Marangoni MA, Allende NJ. Valoración no invasiva de la estenosis carotídea de causa aterosclerótica: correlación entre la ecografía Doppler color y la angiografía por resonancia magnética con gadolinio. *Rev Argent Radiol.* 2013;77:267-74.
6. David E, Grazhdani H, Allotta L, Gavazzi LM, Foti PV, Palmucci S, et al. Imaging of carotid stenosis: where are we standing? Comparison of multiparametric ultrasound, CT angiography, and MRI angiography, with recent developments. *Diagnostics.* 2024;14:1708.
7. Kordzadeh A, Askari A, Abbassi OA, Sanoudos N, Mohaghegh V, Shirvani H. Artificial intelligence and duplex ultrasound for detection of carotid artery disease. *Vascular.* 2023;31:1187-93.
8. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MLEL, Björck M, Brodmann M, Cohnert T, et al. Guía ESC 2017 sobre el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad arterial periférica, desarrollada en colaboración con la European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Rev Esp Cardiol.* 2018;71:111.e1-69.
9. Saxena A, Ng EYK, Lim ST. Imaging modalities to diagnose carotid artery stenosis: progress and prospect. *Biomed Eng OnLine.* 2019;18:66.
10. Vega-Moreno DA, Córdoba-Mosqueda ME, Aguilar-Calderón JR, del Rosario López-Zapata M, García-González U, González-Jiménez ME, et al. Retrospective analysis of two diagnostic tests: carotid Doppler ultrasound and diagnostic cerebral angiography for carotid disease in the Mexican population. *Interdiscip Neurosurg.* 2021;25:101138.
11. Grant E, Benson C, Moneta G, Alexandrov A, Baker J, Bluth E, et al. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis – Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Radiology.* 2003;229:340-6.
12. Alexandratou M, Papachristodoulou A, Li X, Partovi S, Davidhi A, Rafailidis V, et al. Advances in noninvasive carotid wall imaging with ultrasound: a narrative review. *J Clin Med.* 2022;11:6196.
13. Johri AM, Nambi V, Naqvi TZ, Feinstein SB, Kim ESH, Park MM, et al. Recommendations for the assessment of carotid arterial plaque by ultrasound for the characterization of atherosclerosis and evaluation of cardiovascular risk: from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020;33:917-33.
14. Stary HC, Chandler AB, Dinsmore RE, Fuster V, Glagov S, Insull W, et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. *Circulation.* 1995;92:1355-74.
15. Saba L, Cau R, Murgia A, Nicolaides A, Wintermark M, Castillo M, et al. Carotid Plaque-RADS. A novel stroke risk classification system. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2024;17:62-75.
16. Varga M, Papp S, Kassai T, Bodzay T, Gáti N, Pintér S. Standardized sonographic examination of pediatric elbow injuries is an effective screening method and improves diagnostic efficiency. *Injury.* 2021;52:S25-30.
17. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, et al. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. *Am J Obstet Gynecol.* 2021;224:396.e1-15.
18. Nielsen JW, Boomer L, Kurtovic K, Lee E, Kupzyk K, Mallory R, et al. Reducing computed tomography scans for appendicitis by introduction of a standardized and validated ultrasonography report template. *J Pediatr Surg.* 2015;50:144-8.
19. Jebbari-Benslaiman S, Galicia-García U, Larrea-Sebal A, Olaetxea JR, Alloza I, Vandenbroeck K, et al. Pathophysiology of atherosclerosis. *Int J Mol Sci.* 2022;23:3346.
20. Ajoolabady A, Pratico D, Lin L, Mantzoros CS, Bahijri S, Tuomilehto J, et al. Inflammation in atherosclerosis: pathophysiology and mechanisms. *Cell Death Dis.* 2024;15:817.
21. Pakizer D, Kozel J, Elmers J, Feber J, Michel P, Školoudík D, et al. Diagnostics accuracy of magnetic resonance imaging in detection of atherosclerotic plaque characteristics in carotid arteries compared to histology: a systematic review. *J Magn Reson Imaging.* 2025;61:1067-93.
22. Lee HN, Ryu CW, Yun SJ. Vessel-wall magnetic resonance imaging of intracranial atherosclerotic plaque and ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Front Neurol.* 2018;9:1032.
23. Saba L, Yuan C, Hatsukami TS, Balu N, Qiao Y, DeMarco JK, et al. Carotid artery wall imaging: perspective and guidelines from the ASNR vessel wall imaging study group and expert consensus recommendations of the American Society of Neuroradiology. *Am J Neuroradiol.* 2018;39:E9-31.
24. Paraskevas KI, Brown MM, Lal BK, Myrcha P, Lyden SP, Schneider PA, et al. Recent advances and controversial issues in the optimal management of asymptomatic carotid stenosis. *J Vasc Surg.* 2024;79:695-703.
25. Sarfraz S, Muhammad D, Khan MB, Sanaullah, Sarshar S, Itrat Z. Diagnostic accuracy of carotid Doppler ultrasound for detection of carotid artery stenosis in ischemic stroke patients: keeping computed tomography angiography as the gold standard. *Biol Clin Sci Res J.* 2025;6:37-9.
26. Picano E, Paterni M. Ultrasound tissue characterization of vulnerable atherosclerotic plaque. *Int J Mol Sci.* 2015;16:10121-33.
27. Zhang L, Lyu Q, Ding Y, Hu C, Hui P. Texture analysis based on vascular ultrasound to identify the vulnerable carotid plaques. *Front Neurosci.* 2022;16:885209.
28. Sezgin M, Yusifli S, Barburoğlu M, Ekizoğlu E, Yeğilol N. Intraplaque hemorrhage: a comparative study of vulnerable plaque with magnetic resonance imaging and Doppler ultrasonography. *J Clin Ultrasound.* 2025;53:743-7.
29. Rafailidis V, Chrysosgonidis I, Xerras C, Grisan E, Cheimariotis GA, Tegos T, et al. An ultrasonographic multiparametric carotid plaque risk index associated with cerebrovascular symptomatology: a study comparing color Doppler imaging and contrast-enhanced ultrasonography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2019;40:1022-8.
30. Goudot G, Khider L, Pedreira O, Poree J, Julia P, Alsac JM, et al. Innovative multiparametric characterization of carotid plaque vulnerability by ultrasound. *Front Physiol.* 2020;11:157.