



Validación externa de tabla predictiva para complicaciones macrovasculares al diagnóstico de *Diabetes Mellitus* tipo 2

External validation of predictive table for macrovascular complications in the diagnosis of Type 2 *Diabetes Mellitus*

Jorge Manuel Gallego Galano^{1,2*} , Larisa Zamora Matamoros³ , Arquímedes Montoya Pedrón^{1,2} ,
María Eugenia García Céspedes^{1,2} , Juana Adela Font Estrada^{1,2} , Jacinto Miguel Domingus¹

¹ Hospital General "Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso". Santiago de Cuba, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Santiago de Cuba, Cuba.

³ Universidad de Oriente, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Matemática. Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia: jorgegallego@infomed.sld.cu

Cómo citar este artículo

Gallego Galano JM, Zamora Matamoros L, Montoya Pedrón a, García Césoedes ME, Font Estrada JA, Miguel Domingus J: Validación externa de tabla predictiva para complicaciones macrovasculares al diagnóstico de *Diabetes Mellitus* tipo 2. Rev haban cienc méd [Internet]. 2025 [citado]; 24. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/5988>

Recibido: 20 de febrero de 2025

Aprobado: 08 de septiembre de 2025

RESUMEN

Introducción: La *Diabetes Mellitus* es una enfermedad de alto impacto global y uno de los mayores desafíos sanitarios del siglo XXI.

Objetivo: Validación externa de tabla predictiva de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la *Diabetes Mellitus* tipo 2.

Material y Métodos: Se realizó una investigación aplicada, analítica, retrospectiva, de casos y controles, con una población de 317 pacientes al diagnóstico de *Diabetes Mellitus* tipo 2. El estudio se desarrolló en dos fases. La primera, incluyó 120 pacientes del área de salud "José Martí" de Santiago de Cuba, entre septiembre de 2018 y diciembre de 2020, donde se construyó y validó internamente el modelo predictivo de complicaciones macrovasculares. En la segunda fase entre septiembre de 2022 y diciembre de 2023, se aplicó la tabla predictiva diseñada en la etapa anterior a 197 pacientes al diagnóstico de la *Diabetes* tipo 2, atendidos en la consulta externa del Hospital "Juan Bruno Zayas Alfonso", provenientes de cuatro áreas de salud diferentes. Se calcularon métricas de evaluación, se compararon con los resultados de la validación interna y se emitieron recomendaciones clínicas.

Resultados: La tabla predictiva de complicaciones macrovasculares clasificó, al diagnóstico de la *Diabetes* tipo 2, a 34,5 % de los pacientes con riesgo moderado. La validación externa mostró un desempeño robusto: sensibilidad 83,33 %, especificidad 96,13 %. El ABC fue 0,942, con una pérdida de predicción de 0,9 %. Estos resultados superaron los obtenidos en la validación interna.

Conclusiones: La tabla diseñada permite predecir y estratificar el riesgo de complicaciones macrovascular al diagnóstico de la *Diabetes Mellitus* tipo 2.

Palabras Claves:

Diabetes Mellitus tipo 2, factores de riesgo de enfermedad cardíaca, hipertensión arterial.

ABSTRACT

Introduction: *Diabetes Mellitus* is a disease of high global impact and one of the greatest healthcare challenges of the 21st century.

Objective: To identify the occurrence of new basal cell carcinomas according to previous history in patients with multiple lesions To perform an external validation of a predictive table for macrovascular complications at diagnosis of type 2 *Diabetes Mellitus*.

Material and Methods: An applied, analytical, retrospective, case-control study was conducted on a population of 317 patients at the time of diagnosis of type 2 *diabetes mellitus*. The study was conducted in two phases; the first phase included 120 patients from the "José Martí" health area in Santiago de Cuba, between September 2018 and December 2020, where the predictive model for macrovascular complications was built and internally validated. In the second phase, which was performed between September 2022 and December 2023, the predictive table designed in the previous phase was applied to 197 patients who came from four different health areas and were diagnosed with type 2 *diabetes* in the outpatient clinic of the "Juan Bruno Zayas Alfonso" Hospital. Evaluation metrics were calculated and compared with the results of the internal validation, and clinical recommendations were issued.

Results: The predictive table for macrovascular complications classified 34.5% of patients at moderate risk for type 2 *Diabetes* at diagnosis. External validation showed robust performance: sensitivity 83.33%, specificity 96.13%. The AUC was 0.942, with a prediction loss of 0.9%. These results exceeded those obtained in the internal validation.

Conclusions: The designed table allows for the prediction and risk stratification for macrovascular complications at diagnosis of type 2 *Diabetes Mellitus*.

Keywords:

Type 2 *Diabetes Mellitus*, heart disease risk factors, high blood pressure.



INTRODUCCIÓN

La Diabetes Mellitus (DM) representa una de las enfermedades de alto impacto a nivel global, consolidándose como un desafío prioritario para los sistemas de salud en el siglo XXI.

Según la 11.^a edición del Atlas de la Federación Internacional de Diabetes (2025)(1), en 2024 más de 11,1 % de la población adulta mundial (1 de cada 9 personas entre 20 y 79 años) vivía con diabetes, responsable de 3,4 millones de muertes ese año, a causas de complicaciones macrovasculares (CMV): cardiopatía isquémica, enfermedad cerebrovascular y enfermedad arterial periférica, que concentran la mayor carga de discapacidad, mortalidad prematura y costos en salud asociados a la enfermedad.

Cuba no escapa a esta problemática, según el Anuario Estadístico de Salud ⁽²⁾ la prevalencia de Diabetes Mellitus fue de 69,3 x 1000 habitantes, con

2 281 defunciones para una tasa de mortalidad bruta de 22,3 defunciones x 100 000 habitantes ocupando la octava causa de muerte en el país. En Santiago de Cuba la prevalencia de la enfermedad fue de 57,1 x 1000 habitantes con una mortalidad bruta 18,1 x 100 000 habitantes, lo que representa un importante problema de salud.

La comunidad científica reconoce el impacto creciente de las enfermedades cardiovasculares como principal causa de morbilidad y mortalidad global, lo que impulsa el desarrollo de modelos predictivos de riesgo cardiovascular (RCV).

Esta necesidad se sustenta en la búsqueda de relación directa entre los factores de riesgo clásicos y la aparición de CMV desde el momento del diagnóstico de la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2).(3,4) Frente a este panorama, resulta esencial reconocer y abordar el riesgo de manera proactiva, lo que posibilita estratificar a la población según perfiles clínicos y orientar intervenciones más personalizadas y eficaces.

Actualmente existen varios modelos y guías para la predicción del RCV desarrollados mediante distintas metodologías. Se destacan el Framingham *Risk Score*,⁽⁵⁾ el Score,⁽⁶⁾ aplicables en la población general. En *diabetes* tipo 2, se utilizan herramientas específicas como el *UKPDS Risk Engine*,⁽⁷⁾ el modelo *ADVANCE*⁽⁸⁾ y las guías conjuntas de la Sociedad Europea de Cardiología (*ESC*) y la *Asociación Europea para el Estudio de la Diabetes (EASD)*,⁽⁹⁾ publicadas en 2019, que integran variables clínicas y metabólicas para una estratificación más precisa del riesgo. Sin embargo, a pesar de ser herramientas útiles para estimar el RCV, presentan limitaciones e imprecisiones y no siempre son aplicables a poblaciones distintas de aquellas para las que fueron diseñados⁽¹⁰⁾.

En este contexto, se plantea la incorporación de nuevos marcadores fisiológicos de hemodinamia vascular a los modelos existentes y se destaca la rigidez arterial (RA) como marcador intermedio entre los factores de riesgos tradicionales y eventos clínicos.

La RA es un marcador clave en la predicción de complicaciones en pacientes con DM2. Su incremento refleja alteraciones estructurales y funcionales de la pared vascular, vinculadas a procesos de glicación avanzada, inflamación crónica y disfunción endotelial, que preceden clínicamente a los eventos cardiovasculares mayores.⁽¹¹⁾ Esta puede evaluarse mediante la velocidad de la onda de pulso carotídeo-femoral, utilizando técnicas no invasivas como la fotopletismografía digital.

Los autores de la presente investigación, presentaron, en una publicación reciente, un modelo predictivo de CMV al momento del diagnóstico de la DM2,⁽¹²⁾ en el cual se demostró que la RA como marcador de mayor impacto en la predicción de CMV, asociados a otros factores de riesgos clásicos como la edad mayor de 60 años, la hiperlipidemia, la hipertensión arterial (HTA) con alta sensibilidad de 77,50 %, especificidad de 90,00 % con un índice de validez de 85,53 %. El área observada bajo la curva es de 0,933, con una significación asociada al estadígrafo calculado de 0,000. Estos valores mostraron que el modelo tiene buena capacidad discriminatoria y es un buen predictor de CMV en estos pacientes. con buena capacidad discriminatoria del modelo.

El diseño de una tabla predictiva, precedida por una validación interna rigurosa, permite garantizar la fiabilidad del modelo antes de su implementación práctica. De igual forma, la validación externa en poblaciones distintas resulta esencial para confirmar su desempeño en entornos no observados, optimizar su utilidad y minimizar el riesgo de errores.⁽¹³⁾ Este proceso metodológico incrementa la probabilidad de éxito, fortalece la aplicabilidad del modelo y respalda su generalización en escenarios clínicos diversos.

En relación con lo expuesto anteriormente, esta investigación tiene como **objetivo** la validación externa de una tabla predictiva para complicaciones macrovasculares al diagnóstico de *Diabetes Mellitus* tipo 2.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una investigación aplicada, analítica, retrospectiva, de casos y controles, con una población de 317 pacientes al diagnóstico de Diabetes Mellitus tipo 2, con edad ≥ 30 años, que se realizaron estudios bioquímicos y de hemodinamia vascular que definieron sus criterios de inclusión. Se excluyeron pacientes con discapacidades motoras y deterioro cognitivo.

El estudio se desarrolló en dos fases. La primera, incluyó 123 pacientes del área de salud "José Martí" de Santiago de Cuba, entre septiembre de 2018 y diciembre de 2020. Se seleccionó una muestra de 120 pacientes, distribuyéndose en 40 casos con complicaciones macrovasculares y 80 controles, seleccionados por muestreo simple aleatorio de la población sin complicaciones con una relación de 1:2, utilizada en la construcción y validación interna del modelo predictivo de complicaciones macrovasculares, resultados publicados en la Revista Cubana de Medicina Militar.⁽¹²⁾

En la segunda fase para la validación externa se le aplicó la tabla predictiva diseñada previamente a una muestra de 197 pacientes al momento de diagnóstico que cumplieran los mismos criterios de inclusión y exclusión, que fueron evaluados en la consulta de Medicina Interna del Hospital "Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso" en el período de julio 2022 a diciembre 2023, provenientes de las áreas de salud "Armando García Aspurú", "30 de Noviembre", "Josué País García" y "Dr. Mario Muñoz García".

Delimitación y operacionalización de las variables

- Variable dependiente: presencia de CMV al diagnóstico (cardiopatía isquémica, enfermedad cerebrovascular, enfermedad arterial periférica).
- Variables independientes: las que se asociaron a estas complicaciones en el análisis de regresión logística del modelo, que se utilizaron para el diseño de la tabla predictiva: edad ≤ 60 años, HTA, hiperlipidemia y rigidez arterial.

Procesamiento estadístico

Se realizó con el programa IBM SPSS v. 22 para Windows. Se confeccionó una base de datos con los casos y los controles seleccionados.

Para la construcción del modelo inicialmente se realizó un análisis bivariado previo, donde se definieron las variables independientes que permitieron establecer la relación de dependencia con la aparición de la CMV. Posteriormente, se aplicó la regresión logística, considerando como variables independientes las que resultaron significativas en el análisis bivariado.

La validación interna del modelo, se realizó por el método se utilizó el método por pasos hacia atrás. La calibración y el poder discriminativo se realizó con la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow. Se determinó el área bajo la curva ROC para evaluar la capacidad predictiva del modelo, considerando una discriminación buena si $p \geq 0,5$. Se evaluó su calidad mediante el valor de sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo (VPN), valor predictivo positivo (VPP) e índice de validez (IV).

Para la validación externa se diseñó una tabla predictiva de CMV con las variables predictoras del modelo considerando todos los que mostraron significación estadística con un $p < 0,05$.

Para la puntuación de la tabla se aplicó el método de transformación proporcional basado en los coeficientes β del modelo RA ($\beta = 3, 1$): 3 puntos, hipertensión arterial ($\beta = 2,8$): 2 puntos, hiperlipidemia ($\beta = 2, 2$): 2 puntos, edad ≥ 60 años ($\beta = 1, 9$): 1 punto, utilizando el método de truncamiento hacia abajo: cada coeficiente β fue convertido al entero inferior más próximo. Esta estrategia permitió conservar la jerarquía entre variables sin sobreestimar su impacto, facilitando la interpretación clínica y reduciendo sesgos en la calibración. La metodología aplicada es ampliamente validada en epidemiología clínica, transforma modelos complejos en herramientas reproducibles y aplicables en la práctica asistencial.^(13,14)

Los puntajes individuales fueron sumados para obtener un puntaje proporcional total por paciente, el cual se clasificó en cuatro categorías de riesgo.

Se realizaron combinación de variables predictoras para determinar la probabilidad estimada, se sumaron los puntajes y según los resultados se clasificaron en cuatro categorías de riesgo.

Puntaje total	Clasificación de riesgo	Probabilidad estimada de CMV (%)
8	Muy alto	> 80 %
5-7	Alto	60 – 80 %
3-4	Moderado	40 – 60 %
1-2	Bajo	< 40 %

La presencia de un solo factor, a pesar de no ser combinable pero presente al diagnóstico de la DM2, fue incluido en la tabla por considerarse como factor de riesgo aterogénico de importancia, a tener siempre presente en la práctica médica en el paciente con diabetes.

Finalmente se incorporó una escala cromática en la tabla según el grado de riesgo de CMV (rojo para riesgo muy alto, naranja para alto, amarillo para moderado y verde para el riesgo bajo), según las convenciones universales. Además, se definieron intervenciones clínicas específicas, de acuerdo con el grado de riesgo identificado.

Luego de obtenida la tabla predictiva, para su validación externa se aplicó a una muestra de 197 pacientes al momento del diagnóstico, se determinó la efectividad, se determinaron las métricas de evaluación y se realizaron comparaciones con los resultados en la validación interna del modelo.

La investigación se realizó conforme con los criterios éticos institucionales y los principios de la Declaración de Helsinki, (15) con aprobación del Comité de Ética Médica y el Consejo Científico de las instituciones participantes. Todos los participantes otorgaron su conformidad mediante la firma del consentimiento informado.

RESULTADOS

A partir de un modelo predictivo de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de Diabetes tipo 2, se identificaron cuatro variables con alto valor pronóstico que sustentaron la construcción de una tabla de puntuación clínica, útil para estratificar el riesgo y orientar decisiones desde el primer contacto asistencial.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la combinación de los cuatro factores claves de riesgo de CMV de fácil identificación al momento del diagnóstico de DM2: edad ≥ 60 años, HTA, hiperlipidemia y rigidez arterial.

Se identificaron siete combinaciones clínicas distribuidas en cuatro niveles de riesgo asociados a una probabilidad estimada del riesgo: muy alto, la combinación de los cuatro factores claves con un puntaje de ocho, con probabilidad $>80\%$; la segunda con riesgo alto al combinar tres de los cuatro factores involucrados como: edad ≥ 60 años, HTA, RA e hiperlipidemia y dos factores con mayor significación estadística como HTA, RA y hiperlipidemia, RA con puntajes de cinco a siete, con una probabilidad 60-80 %.

La tercera, con un puntaje de tres a cuatro con un riesgo moderado, resultó la combinación de dos factores con una probabilidad 40–60 %. Sin embargo la presencia de RA a pesar de ser variable no combinada clasifica dentro de este grupo como indicador precoz de daño vascular preexistente al estar presente como variable única, lo que se considera como buena predictora de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la Diabetes.

Por otra parte, otras variables no combinadas como la edad ≥ 60 años, la HTA y la hipercolesterolemia se clasificaron con un riesgo bajo con una puntuación de uno a dos y una probabilidad $<40\%$. su identificación al diagnóstico de diabetes tipo 2 resulta clínicamente relevante. Estos factores, aun sin interacción sinérgica inicial, actúan como amplificadores independientes del riesgo cardiovascular, anticipando la progresión hacia escenarios de mayor complejidad.

Al incorporar un sistema cromático que clasifica visualmente los niveles de riesgo mediante señales claras, rápidas, intuitivas y funcional en atención médica (rojo para riesgo muy alto, naranja para alto, amarillo para moderado y verde para el riesgo bajo) facilitó la asociación directa del grado de riesgo con intervenciones clínicas específicas, que abarca desde estrategias personalizadas, multidisciplinarias e intensivas, hasta seguimientos periódicos, según la intensidad de riesgo identificado.

Tabla 1: Tabla predictiva de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la <i>Diabetes Mellitus</i> tipo 2			
Clasificación de riesgo de CMV	Combinación de factores de riesgo	Probabilidad	RECOMENDACIONES
Muy Alto 8 puntos	Edad \geq de 60 años + HTA*+ Hiperlipidemia + Rigidez arterial	$>80\%$	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención personalizada, intensiva y multidisciplinaria. - Concientización del riesgo. - Cambios de estilos de vida. - Evaluación bimensual.
Alto 5 -7 puntos	HTA*+ Hiperlipidemia + Rigidez arterial	60-80 %	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención personalizada, intensiva y multidisciplinaria. - Concientización del riesgo. - Cambios de estilos de vida. - Evaluación trimestral.
	Edad \geq de 60 años + HTA*+ Hiperlipidemia		
	HTA*+ Rigidez arterial		
	Hiperlipidemia + Rigidez arterial		
Moderado 3-4 puntos	HTA*+ Hiperlipidemia	40–60 %	<ul style="list-style-type: none"> -Controlar factores de riesgo con terapia personalizada. - Cambios de estilo de vida. - Concientización del riesgo. - Evaluación semestral.
	Edad \geq de 60 años + Rigidez arterial		
	Rigidez arterial		
Bajo 1-2 puntos	Edad \geq de 60 años.	$<40\%$	<ul style="list-style-type: none"> - Concientización del riesgo, tratamiento del factor. - Cambios de estilo de vida. - Evaluación semestral.
	HTA.		
	Hiperlipidemia.		

HTA*: hipertensión arterial. Puntaje total: rigidez arterial: 3 puntos; HTA: 2 puntos; Hiperlipidemia: 2 puntos; edad ≥ 60 años:1 punto.

Al evaluar las principales características del grupo de validación externa (Tabla 2) constituido por 197 pacientes al momento del diagnóstico de la DM2, se encontró que en 29,4 % (56 pacientes) ya existían CMV al momento del Diagnóstico; por otra parte, 60,4 % eran hipertensos, 54,3 % tenían hiperlipidemia, 46,7 % RA y 32,0% una edad \geq 60 años.

Al comparar el grupo de validación interna del modelo y el de validación externa en relación con las variables independientes evaluadas, no se constató diferencia estadísticamente significativa ($p \geq 0,05$), por lo que existió homogeneidad entre ambos grupos con respecto a dichos parámetros..

Tabla 2. Caracterización de variables independiente en relación con el grupo de construcción y validación del modelo predictivo					
Variables clínicas	Grupo de validación interna (120)		Grupo de validación externa (197)		p
	No.	%	No.	%	
Edad \geq de 60 años	34	28,3	63	32,0	0,4944
Hipertensión Arterial	82	68,3	119	60,4	0,1553
Hiperlipidemia	78	71,0	107	54,3	0,0612
Rigidez Arterial patológica	67	55,8	92	46,7	0,1147

Al aplicar la tabla predictiva de CMV al diagnóstico de la DM2, al grupo de 197 pacientes (Gráfico 1), se evidenció que 31,98 % de los pacientes al diagnóstico clasificaron con un riesgo moderado al coexistir tres y dos factores aterogénicos de mayor probabilidad estadística. Por otra parte, 23,86 % y 19,29 % de los pacientes ya presentaban un riesgo alto y muy alto, respectivamente, al diagnóstico de la enfermedad, atribuible a la existencia previa de daño endotelial aterogénico y vascular. Esta estratificación justifica la concientización del riesgo inminente, una intervención intensiva y un tratamiento personalizado para cada factor en la prevención de dichas complicaciones.

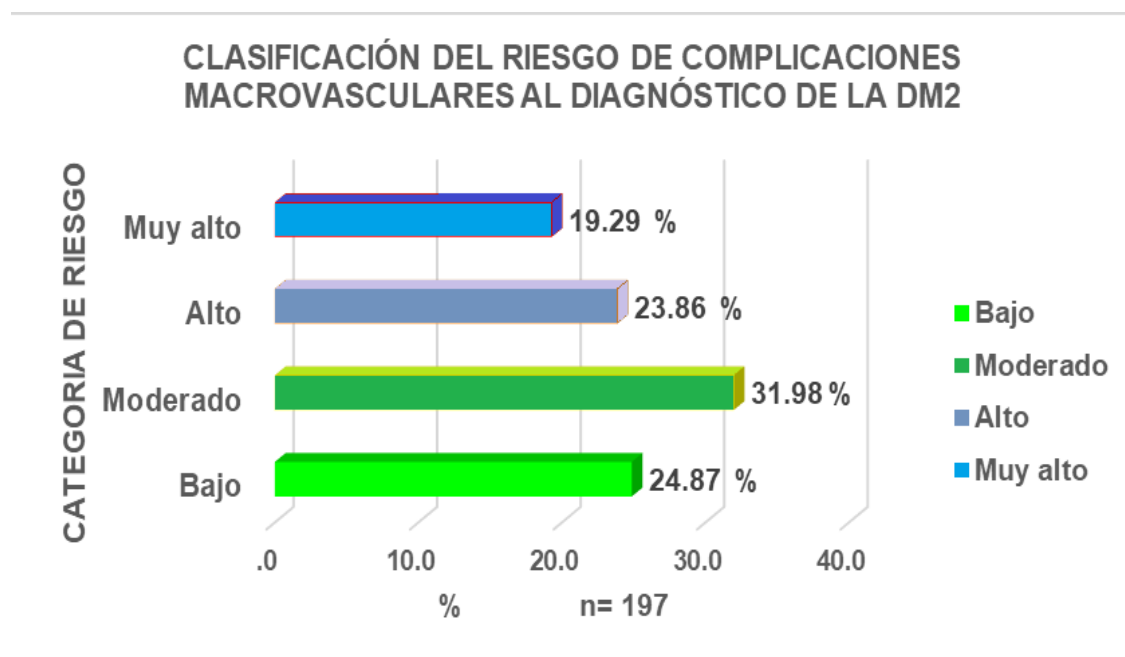


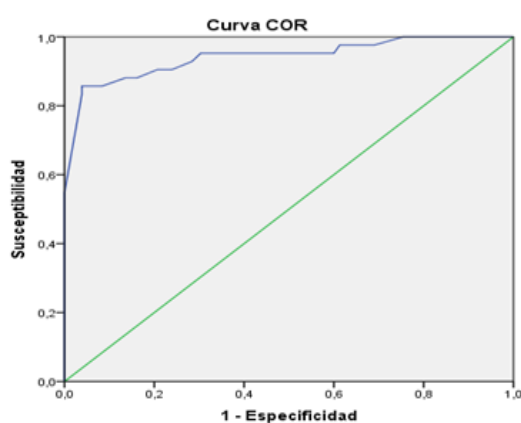
Gráfico 1: Clasificación del riesgo de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la DM2, según aplicación de tabla predictiva

En la tabla 3, se presentan los resultados de los Indicadores de calidad obtenidos, luego de ser aplicada la tabla predictiva a 197 pacientes incluidos en el grupo de validación externa, y se observó que 93,4 % de los pacientes estuvieron correctamente clasificados. Se obtuvo una sensibilidad de 83,3 %, una especificidad de 95,51 %, los valores predictivos positivos y negativos fueron de 85,37 % y 95,51 %, respectivamente. El índice de validez fue de 93,40 %. Los valores de sensibilidad (83,3 %), especificidad (95,51 %), los valores predictivos positivos y negativos respectivamente alcanzaron 85,37 % y 95,51 % con un índice de validez de 93,40. Al comparar estos resultados con el grupo de de validación interna del modelo, se observa que son superiores a los obtenidos en la validación interna, por lo que se puede afirmar que la tabla diseñada ayuda a predecir el riesgo de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la DM2.

Tabla 3. Comparación de los Indicadores de calidad en la validación interna y externa				
Indicadores de Validez	Validación interna (n=120)	Validación externa IC (95 %) n=197		
		Valor	Límite Inferior	Límite superior
Sensibilidad	77,50	83,33	82,07	84,59
Especificidad	90,0	96,13	95,79	96,47
Valor predictivo +	79,49	85,37	84,08	86,65
Valor predictivo -	88,89	95,51	95,17	95,87
Índice de validez	85,83	93,40	93,13	93,68

En la Figura 1, se muestran los resultados de las Curvas ROC para la validación del modelo. En la validación externa (Figura 1a) se obtuvo un ABC igual a 0,942, con una pérdida de predicción solo del 0,9 %. Al comparar la capacidad discriminatoria del modelo en la validación interna, se observó un área bajo la curva (ABC) de 0,933 en la validación interna (Figura 1b), ligeramente inferior al valor en la validación externa. Este hallazgo demuestra que el modelo mantiene e incluso mejora su rendimiento discriminatorio al aplicarse en datos independientes, lo que refuerza su robustez y aplicabilidad clínica.

Los resultados de la validación tanto interna como externa fueron buenos y la pérdida de predicción fue mínima. Por lo que se puede afirmar que el modelo predictivo ayuda a predecir el riesgo de complicaciones macrovasculares del paciente diabético tipo 2 al diagnóstico.

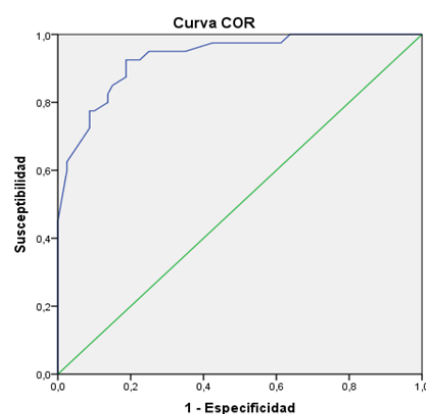


Área = 0,942

Área = 0,933

IC: [0.895 ; 0.989]

Figura 1a: validación externa



IC: [0.887 ; 0.978]

Figura 1b: validación interna

Figura 1. Curva ROC de la validación externa (1a) y validación interna (1b) del modelo predictivo de CMV en el paciente diabético tipo 2 al diagnóstico

DISCUSIÓN

La tabla predictiva desarrollada en esta investigación, basada en la combinación de cuatro variables clínicas accesibles: edad ≥ 60 años, hipertensión arterial, dislipidemia y rigidez arterial, constituye una herramienta práctica para el personal sanitario. Su aplicación permite estratificar de forma inmediata y reproducible el riesgo de CMV al diagnóstico de la DM2. Asimismo, posibilita identificar tempranamente a los pacientes de mayor riesgo y orientar intervenciones preventivas más eficaces, optimizar los recursos y reducir la morbilidad asociada. Su aplicabilidad en distintos escenarios epidemiológicos fortalece la práctica clínica, respalda decisiones en salud pública y contribuye a disminuir la carga global de la enfermedad.

La incorporación de la rigidez arterial como marcador de riesgo vascular, no solo evidencia el desequilibrio endotelial y la inflamación crónica que favorecen una aterosclerosis acelerada, sino que también refleja un proceso de remodelado vascular caracterizado por la pérdida de elasticidad, la acumulación de colágeno y la calcificación de la media arterial.^(11,16) Estas alteraciones incrementan la velocidad de la onda de pulso, la poscarga ventricular y compromete la perfusión coronaria. Como consecuencia, se produce hipertrofia ventricular izquierda, mayor susceptibilidad a insuficiencia cardíaca y un incremento significativo en la incidencia de eventos cardiovasculares mayores.^(17,18) Estos hallazgos refuerzan el valor de la rigidez arterial como marcador independiente de riesgo cardiovascular y justifican su incorporación en modelos predictivos y estrategias preventivas.

En este contexto, la coexistencia de edad superior a 60 años, hipertensión arterial, hiperlipidemia y rigidez arterial genera un efecto sinérgico que acelera el riesgo cardiovascular a niveles críticos.

Monteiro CI y colaboradores,⁽¹⁹⁾ en un estudio de cohorte prospectivo en Brasil que incluyó a 51 pacientes diagnosticados con DM2, y Staef M y colaboradores⁽²⁰⁾ en Alemania, demostraron que cada factor de riesgo como la edad, la hiperglucemia, la hiperlipidemia y presión arterial sistólica de forma independiente a través de diferentes mecanismos, provocan cambios negativos en la función y estructura de los vasos, los cuales se relacionaron con la aparición y el aumento progresivo de la RA, datos que le confiere solidez a la investigación realizada.

Vasan RS y colaboradores,⁽²¹⁾ en una investigación de la séptima y octava cohorte de **Framingham Risk Score** ("Escala de Riesgo de Framingham"), donde se utilizó la determinación de la RA como factor de RCV, se encontró que la RA es un factor de riesgo fuerte e independiente para un primer evento enfermedad cardiovascular a largo plazo, de igual forma para la aparición de HTA y otras situaciones de salud a largo plazo. La validación externa demostró una buena discriminación, con un área bajo la curva característica operativa del receptor (COR) o estadísticas C que van desde 0,66 a 0,88; con buena calibración y discriminación para la población del estudio.

Los hallazgos de esta investigación son consistentes con lo reportado por Patoulas D *et al.*⁽²²⁾ en su revisión sistemática, de igual forma con los resultados del estudio de cohorte multicéntrico REBOUND, conducido por Kim JM *et al.*⁽²³⁾ Ambos trabajos respaldan el valor pronóstico de la determinación de la RA en la predicción de eventos cardiovasculares, así como en la estimación del riesgo de mortalidad por todas las causas y por causas específicas en pacientes con **Diabetes Mellitus** tipo 2, lo que respalda su determinación al diagnóstico de la enfermedad.

Chowdhury MZ y colaboradores⁽²⁴⁾ en un metanálisis de quince modelos de predicción de enfermedades cardiovasculares desarrollados para pacientes con **Diabetes**, observaron que la capacidad discriminativa fue modesta, con C-statistic=0,67. Además, señalaron que el rendimiento predictivo de los modelos mostró escasa variabilidad, según la población en la que fueron desarrollados.

Sin embargo, en esta investigación, la validación externa del modelo mediante la tabla diseñada, aplicada a una población distinta la de construcción y al incorporar la rigidez arterial como variable predictora, mostró una capacidad discriminativa superior (C-statistic = 0,942). Este resultado indica que el modelo predice eficazmente el riesgo de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la **Diabetes** tipo 2, lo que refuerza su utilidad clínica y su aplicabilidad en diversos contextos.

En Cuba, durante la última década, se han publicado 51 artículos sobre riesgo cardiovascular global (RCG) en revistas científicas indexadas en bases de datos especializadas.⁽²⁵⁾ Entre ellos, destacan dos estudios centrados en modelos o índices predictivos relacionados con complicaciones macrovasculares en pacientes con **Diabetes** tipo 2: uno orientado a la predicción de cardiopatía isquémica;⁽²⁶⁾ otro, al riesgo de amputación en pie diabético,⁽²⁷⁾ y un tercero, dirigido a pacientes con enfermedades cerebrovasculares que incluye la **Diabetes** como variable dicotómica.⁽²⁸⁾ Estos modelos han mostrado buena sensibilidad en el contexto en que fueron aplicados; no obstante, presentan limitaciones en especificidad, tamaño muestral y uso de biomarcadores como rigidez arterial.

La tabla derivada del modelo predictivo de complicaciones macrovasculares constituye una herramienta práctica, asequible y reproducible, útil en la atención médica como tabla de bolsillo, de mesa o en formato digital para evaluar el riesgo de CMV al diagnóstico de la DM2. Emplea solo cuatro variables clínicas e incorpora la rigidez arterial como marcador de daño vascular, lo que favorece su implementación en contextos de recursos limitados.

Además, su formato basado en puntajes y el uso de un sistema cromático permite clasificar visualmente los niveles de riesgo mediante señales claras, rápidas e intuitivas. Esta estructura didáctica y funcional facilita la estratificación en cuatro niveles de riesgos, con probabilidad estadística definidas, cada uno con recomendaciones terapéuticas específicas, lo que favorece su integración efectiva en el nivel primario de salud.

Una fortaleza del presente estudio consiste en que aporta un método original, construido en la población cubana, de fácil aplicabilidad y que puede generalizarse a todo el país para el diagnóstico predictivo de CMV al momento del diagnóstico de la DM2. Por otra parte, constituye un valioso instrumento para que los profesionales de la salud identifiquen aquellos pacientes con alto riesgo de complicaciones en los diferentes niveles de atención.

Las principales **limitaciones** incluyen la representatividad geográfica restringida y el diseño transversal, que impide evaluar la evolución temporal. El tamaño muestral reducido, la falta de seguimiento prospectivo y la variabilidad en la medición de rigidez arterial afectan su aplicabilidad, especialmente en contextos con recursos limitados. Además, la tabla predictiva requiere capacitación para su interpretación y puede no ser viable donde no se dispone de equipos o protocolos estandarizados.

CONCLUSIONES

La tabla diseñada permite predecir y estratificar el riesgo de complicaciones macrovasculares al diagnóstico de la Diabetes tipo 2, y facilita decisiones terapéuticas oportunas y personalizadas desde Atención Primaria, incluso en contextos de bajos recursos.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios prospectivos que permitan evaluar la efectividad del modelo en distintos contextos clínicos y poblacionales. Esto contribuiría a fortalecer su validez externa y consolidar su aplicabilidad en la práctica médica, especialmente en escenarios de Atención Primaria y recursos limitados [

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Federación Internacional de Diabetes. IDF Diabetes Atlas. 11 ed [Internet]. Bruselas: International Diabetes Federation; 2025 [Citado 20/10/2025]. Disponible en: <https://diabetesatlas.org/es/resources/idf-diabetes-atlas-2025/>
2. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. Diabetes en Cuba: tasas de diagnóstico y control por provincias. Factográfico salud [Internet]. 2025 [Citado 20/10/2025];11(7). Disponible en: <http://files.sld.cu/bmn/files/2025/07/factografico-de-salud-julio-2025.pdf>
3. Hernández Martínez A. Predicción de riesgo cardiovascular en población mexicana con Diabetes Mellitus tipo 2 [Tesis Maestría]. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2023 [Citado 20/10/2025] Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES_010006_20476/3/0620476.pdf
4. Gallego JM, Pérez Y, Montoya A, García ME, Sosa I. Factores de riesgo de complicaciones macrovasculares en el paciente diabético tipo 2 al diagnóstico. Rev haban cienc méd [Internet]. 2024 [Citado 25/10/2025]; 23. Disponible en: <https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/5475>
5. D'Agostino RB, Vasan RS, Pencina MJ, Wolf PA, Cobain M, Massaro JM, et al. General cardiovascular risk profile for use in primary care: the Framingham Heart Study. Circulation [Internet]. 2008 [Citado 20/10/2025];117(6):743–53. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.699579>
6. Conroy RM, Pyörälä K, Fitzgerald AP, Sans S, Menotti A, De Backer G, et al. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project. Eur Heart J [Internet]. 2003 [Citado 20/10/2025]; 24(11):987–1003. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0195-668X\(03\)00114-3](https://doi.org/10.1016/S0195-668X(03)00114-3)
7. Stevens RJ, Kothari V, Adler AI, Stratton IM; UKPDS Group. The UKPDS risk engine: a model for the risk of coronary heart disease in Type II diabetes. Clin Sci (Lond) [Internet]. 2001 [Citado 20/10/2025];101(6):671–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1042/cs1010671>
8. Zoungas S, Woodward M, Li Q, Cooper ME, Hamet P, Marre M, et al. Impact of age, age at diagnosis and duration of diabetes on the risk of macrovascular and microvascular complications in type 2 diabetes: results from the ADVANCE study. Diabetologia. [Internet]. 2014 [Citado 20/10/2025]; 57(12):2465–74. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00125-014-3369-7>
9. Cosentino F, Grant PJ, Aboyans V, Bailey CJ, Ceriello A, Delgado V, et al. 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD. Eur Heart J [Internet]. 2020 [Citado 20/10/2025]; 41(2):255–323. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz486>
10. Talha I, Elkhoudri N, Hilali A. Major Limitations of Cardiovascular Risk Scores. Cardiovascular therapeutics. [Internet]. 2024 [Citado 20/10/2025]; 1 (2): 4133365. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2024/4133365>
11. Cardoso CRL, Leite NC, SallesGF. Impacto pronóstico de los cambios en la rigidez aórtica en los resultados cardiovasculares y de mortalidad en personas con diabetes tipo 2: el estudio de cohorte de Río de Janeiro. Cardiovasc Diabetol [Internet]. 2022 [Citado 20/10/2025]; 21. Disponible en: <http://doi.org/10.1186/s12933-022-01514-8>
12. Gallego JM, Pérez Y, García ME, Montoya A, Hernández KS. Modelo predictivo de complicaciones macrovasculares en el momento del diagnóstico del paciente con diabetes tipo 2 [Internet]. Rev Cub Med Milit [Internet]. 2024 [Citado 25/10/2025];53(3):e024059954. Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/59954>
13. Binuya MA, Engelhardt EG, Schats W, Markus AF, Fridgeirsson E, John LH, et al. Implementation and Updating of Clinical Prediction Models: A Systematic Review. Mayo Clinic proceedings. Digital health [Internet]. 2025 [Citado 25/10/2025]; 3(3): 100228. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.mcpgdig.2025.100228>
14. Efthimiou O, Seo M, Chalkou K, Debray T, Egger M, Salanti G, et al. Developing clinical prediction models: a step-by-step guide. BMJ [Internet]. 2024 [Citado 25/10/2025]; 386: e078276 Disponible en: <http://doi.org/10.1136/bmj-2023-078276>

15. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA [Internet]. 2013 [Citado 15/10/2025]; 310(20):2191-4. Disponible en: <http://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
16. Kamieńska A, Chłabcz S. Arterial stiffness a cardiovascular risk factor to assess among primary care patients. Folia Med Cracov [Internet]. 2022 [Citado 15/10/2025];62(2):109-20. Disponible en: <http://doi.org/10.24425/fmc.2022.141704>
17. Boutouyrie P, Chowienczyk P, Humphrey JD, Mitchell GF. Arterial Stiffness and Cardiovascular Risk in Hypertension. Circ Res [Internet]. 2021 [Citado 15/10/2025]; 128(7):864-86. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318061>
18. Ben Y, May M, Spears M, Boustred C, Anderson SG, Benjamin EJ, et al. Aortic pulse wave velocity improves cardiovascular event prediction: an individual participant meta-analysis. J Am Coll Cardiol [Internet]. 2020 [Citado 15/10/2025];76(2):214-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.05.019>
19. Monteiro CI, Simões RP, Goulart CL, Silva DD, Borghi A, Mendes RG. Arterial stiffness in type 2 diabetes: determinants and indication of a discriminative value. Clinics (Sao Paulo) [Internet]. 2021 [Citado 15/10/2025];76:e2172. Disponible en: <https://doi.org/10.6061/clinics/2021/e2172>
20. Staef M, Ott C, Kannenkeril D, Striepe K, Schiffer M, Schmieder R, et al. Determinants of arterial stiffness in patients with type 2 Diabetes Mellitus: a cross sectional analysis. Sci Rep [Internet]. 2023 [Citado 15/10/2025]; 13: 8944. Disponible en: <http://doi.org/10.1038/s41598-023-35589-4>
21. Vasan RS, Pan S, Xanthakis V, Beiser A, Larson MG, Seshadri S, et al. Arterial Stiffness and Long-Term Risk of Health Outcomes: The Framingham Heart Study. Hypertension [Internet]. 2022 [Citado 25/10/2025]; 79(5): 1045-56. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18776>
22. Patoulias D, Papadopoulos C, Stavropoulos K, Zografou I, Doumas M, Karagiannis A. Prognostic value of arterial stiffness measurements in cardiovascular disease, diabetes, and its complications: The potential role of sodium-glucose co-transporter-2 inhibitors. J Clin Hypertens (Greenwich) [Internet]. 2020 [Citado 25/10/2025]; 22(4):562-71. Disponible en: <http://doi.org/10.1111/jch.13831>
23. Kim JM, Kim SS, Kim IJ, Kim JH, Kim BH, Kim MK, et al. Arterial stiffness is an independent predictor for risk of mortality in patients with type 2 diabetes mellitus: the REBOUND study. Cardiovasc Diabetol [Internet]. 2020 [Citado 25/10/2025];19(1):143. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01120-6>
24. Chowdhury MZ, Yeasmin F, Rabi DM, Ronksley PE, Turin T. Prognostic tools for cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of C-statistics. Journal of Diabetes and its Complications [Internet]. 2019 [Citado 25/10/2025];33(1): 98-111. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2018.10.010>
25. Paramio A, Oramas R, Pérez A, Cathcart F, Hernández M. Tablas para determinar el riesgo cardiovascular global en el primer nivel de atención. Rev haban cienc méd [Internet]. 2025 [Citado 3/10/2025]; 24: e5847. Disponible en: <https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/5847>
26. Valdés Ramos ER, Álvarez Aleaga A. Índice predictivo de cardiopatía isquémica en personas con Diabetes Mellitus. Rev cubana med mil [Internet]. 2022 [Citado 25/10/2025];51(4):e02202190. Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2190>
27. Castillo S, Santiago RB, Fernández JI, Berlanga J, Martínez Y, Castillo D. Modelo predictivo del riesgo de amputación en pacientes con pie diabético. RCACV [Internet]. 2023 [Citado 25/10/2025];24(2). Disponible en: <https://revangiologia.sld.cu/index.php/ang/article/view/439>
28. Rodríguez J. Modelo de predicción para estimar la probabilidad de evento vascular cerebral isquémico en hipertensos esenciales. Revista Cubana de Medicina [Internet]. 2024 [Citado 25/10/2025]; 63. Disponible en: <https://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/3458>

Financiamiento:

Los autores declaran no tener financiamiento externo para el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflictos de interés.

Contribución de autoría

Jorge Manuel Gallego Galano: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, redacción, revisión y edición.

Larisa Zamora Matamoros: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, metodología, validación, revisión y edición.

Arquímedes Montoya Pedrón: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, revisión y edición.

María Eugenia García Céspedes: Conceptualización, curación de datos, investigación, validación, revisión y edición.

Juana Adela Font Estrada: Curación de datos, análisis formal, investigación, redacción, revisión y edición.

Jacinto Miguel Domingus: Curación de datos, análisis formal, investigación, revisión y edición.