

Modelo predictivo para diabetes gestacional basado en factores antropométricos y metabólicos

Predictive model for gestational diabetes based on anthropometric and metabolic factors

José Alberto Castellano Peña¹ <https://orcid.org/0009-0003-8022-5081>

Juan Antonio Suárez González¹ <https://orcid.org/0000-0003-0262-3108>

Daily Cruz García¹ <https://orcid.org/0009-0006-4823-9127>

Elizabeth Machín Parapar¹ <https://orcid.org/0000-0001-6731-1709>

Mylena Silverio Negrín¹ <https://orcid.org/0009-0007-5327-045X>

¹ Hospital Ginecoobstétrico "Mariana Grajales". Servicio de diabetes y embarazo. Santa Clara, Villa Clara.

*Autor para correspondencia: juansuarezg@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: la diabetes mellitus gestacional representa un importante problema de salud pública por su asociación con complicaciones obstétricas y neonatales. La identificación temprana de mujeres en riesgo mediante herramientas accesibles es un desafío clínico relevante.

Objetivo: desarrollar y validar internamente un modelo predictivo para diabetes mellitus gestacional basado en parámetros antropométricos y bioquímicos de fácil obtención en la práctica clínica habitual.

Métodos: se realizó un estudio observacional analítico que incluyó 247 gestantes entre las 24 y las 28 semanas. Se evaluaron medidas antropométricas (perímetro cervical, circunferencia de muñeca, pliegues cutáneos) y niveles séricos de ácido úrico. Mediante análisis multivariado se identificaron predictores independientes y se desarrolló un modelo matemático con su correspondiente validación interna.

Resultados: el perímetro cervical $\geq 35,1$ centímetros (OR ajustado 3,72; IC 95% 2,01-6,89), ácido úrico ≥ 331 mg/dl (OR 2,85; IC 95% 1,52-5,33) e IMC ≥ 25 kg/m² (OR 2,40; IC 95% 1,30-

4,42) emergieron como predictores significativos. El modelo mostró un área bajo la curva ROC de 0,78 (IC 95% 0,72-0,84), con adecuada calibración (prueba de Hosmer-Lemeshow $p=0,32$). La validación mediante bootstrapping confirmó la estabilidad de los estimadores (sesgo $<2,5\%$).

Conclusiones: el modelo propuesto, que integra parámetros clínicos sencillos, demostró capacidad discriminativa adecuada para identificar gestantes con alto riesgo de desarrollar diabetes mellitus gestacional.

Palabras clave: diabetes gestacional; antropometría; ácido úrico; modelos predictivos; medicina preventiva

ABSTRACT

Introduction: Gestational diabetes mellitus represents a major public health problem due to its association with obstetric and neonatal complications. Early identification of women at risk using accessible tools is a relevant clinical challenge.

Objective: To develop and internally validate a predictive model for gestational diabetes mellitus based on anthropometric and biochemical parameters easily obtained in routine clinical practice.

Methods: An analytical observational study was conducted including 247 pregnant women between 24 and 28 weeks. Anthropometric measurements (neck circumference, wrist circumference, skinfold thickness) and serum uric acid levels were assessed. Independent predictors were identified using multivariate analysis, and a mathematical model was developed with its corresponding internal validation.

Results: Cervical circumference ≥ 35.1 centimeters (adjusted OR 3.72; 95% CI 2.01-6.89), uric acid ≥ 331 mg/dl (OR 2.85; 95% CI 1.52-5.33), and BMI ≥ 25 kg/m² (OR 2.40; 95% CI 1.30-4.42) emerged as significant predictors. The model showed an area under the ROC curve of 0.78 (95% CI 0.72-0.84), with adequate calibration (Hosmer-Lemeshow test $p=0.32$). Bootstrapping validation confirmed the stability of the estimators (bias $<2.5\%$).

Conclusions: The proposed model, which integrates simple clinical parameters, demonstrated adequate discriminatory capacity to identify pregnant women at high risk of developing gestational diabetes mellitus.

Key words: gestational diabetes; anthropometry; uric acid; predictive models; preventive medicine

Recibido: 20/03/2025

Aprobado: 24/06/2025

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus gestacional (DMG) constituye una de las complicaciones metabólicas más frecuentes del embarazo, con una prevalencia global que oscila entre el siete y el 14% según las poblaciones y los criterios diagnósticos empleados.⁽¹⁾ Su importancia radica no solo en las consecuencias obstétricas inmediatas (macrosomía fetal, distocias del parto), sino también en sus implicaciones a largo plazo para la salud materna y neonatal.⁽²⁾

Aunque los factores de riesgo tradicionales como edad avanzada, obesidad y antecedentes personales de DMG son bien conocidos, existe creciente interés en identificar marcadores predictivos accesibles que permitan una estratificación más precisa del riesgo. En este contexto, parámetros antropométricos como el perímetro cervical han demostrado utilidad potencial por su asociación con adiposidad visceral y resistencia insulínica.⁽³⁾

La utilidad del perímetro cervical ha sido validada en metaanálisis recientes,⁽¹⁾ mientras que el ácido úrico emerge como marcador en consensos latinoamericanos.⁽²⁾

Este estudio tuvo como objetivos evaluar la asociación independiente entre diversos parámetros antropométricos y bioquímicos con el desarrollo de DMG, desarrollar y validar internamente un modelo predictivo de fácil aplicación clínica y proponer un sistema de puntuación simplificado para la estratificación del riesgo.

MÉTODOS

Diseño del estudio: estudio observacional analítico de corte transversal realizado entre enero de 2023 y diciembre de 2024 en el Servicio de diabetes y embarazo del Hospital Provincial Universitario Ginecoobstétrico "Mariana Grajales Coello" de la Ciudad de Santa Clara, de la Provincia de Villa Clara, Cuba.

Se incluyeron 247 gestantes que tenían entre 24 y 28 semanas de embarazo que fueron seleccionadas mediante muestreo no probabilístico; se incluyeron todas las embarazadas con embarazos únicos, ausencia de diabetes pregestacional y disponibilidad de datos antropométricos y metabólicos completos.

Los criterios de exclusión comprendieron diabetes pregestacional, embarazos múltiples, enfermedades crónicas, enfermedades metabólicas conocidas y uso de medicamentos que afecten el metabolismo glucídico.

Variables de estudio:

Variables principales:

- Perímetro cervical (medido en el tercio inferior del cuello)
- Circunferencia de muñeca (en la apófisis estiloides del radio)
- Pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, suprailíaco)
- Ácido úrico sérico (método enzimático colorimétrico)

Variable resultado: diagnóstico de DMG según los criterios del Consenso cubano de diabetes y embarazo.⁽⁵⁾

Análisis estadístico:

- Análisis descriptivo según la distribución de variables
- Regresión logística binaria
- Desarrollo del modelo predictivo y validación interna mediante:
- Bootstrapping (1 000 réplicas)
- División aleatoria de 70 a 30 (entrenamiento-validación)
- Elaboración de sistema de puntuación simplificado

El modelo predictivo de diabetes gestacional (DG) se basa en una regresión logística binaria; su ecuación representa la probabilidad (P) de desarrollar DG en función de variables antropométricas y metabólicas. A continuación se detalla la estructura matemática:

- Ecuación en términos de log-odds (logit):

$$\text{logit}(P) = \ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Donde:

- P : probabilidad de que ocurra DG (valor entre cero y 1)
- β_0 : intercepto (constante del modelo)
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: coeficientes de regresión asociados a cada variable predictora
- X_1, X_2, \dots, X_n : variables independientes (ej., circunferencia del cuello, ácido úrico).

- Ecuación de probabilidad estimada:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$

Variables y coeficientes del estudio

En el modelo descrito las variables significativas y sus odds ratio (OR) informados fueron:

1. Circunferencia del cuello: (OR= 1,15) ($\beta_1 = \ln(1,15) \approx 0,14$)
2. Ácido úrico sérico: (OR= 2,10) ($\beta_2 = \ln(2,10) \approx 0,74$)
3. Pliegue subescapular: (OR= 1,08) ($\beta_3 = \ln(1,08) \approx 0,08$).

Coefficientes (β): representan el cambio en el logaritmo del odds por unidad de aumento en la variable.

Evaluación del modelo

- AUC (área bajo la curva)-ROC (curva característica de funcionamiento del receptor): 0,85 (excelente capacidad discriminativa)
- Prueba de Hosmer-Lemeshow: ($p > 0,05$) indica buen ajuste.

Consideraciones éticas: el protocolo fue aprobado por el Comité de Ética institucional. Todas las participantes firmaron el consentimiento informado.

RESULTADOS

La edad media fue de $29,5 \pm 4,8$ años, con distribución por el índice de masa corporal (IMC): 4,5% bajo peso, 65,6% normopeso, 16,2% sobrepeso y 13,8% obesidad. La prevalencia global de DMG fue 27,1%.

Tabla 1. Asociación entre las variables predictoras y la diabetes gestacional

Parámetro evaluado	Odds ratio	IC 95 %	p
Perímetro del cuello (cm)	1,15	1,07-1,24	<0,001
Niveles de ácido úrico (mg/dl)	1,08	1,03-1,13	0,001
IMC ≥ 25 kg/m ²	2,31	1,18-4,52	0,014
Pliegue cutáneo suprailíaco (mm)	1,05	1,02-1,08	0,002

Fuente: Datos del estudio

La Tabla 1 muestra el análisis realizado mediante regresión logística binaria. Todos los valores mostraron asociación significativa con el desarrollo de diabetes gestacional.

Tabla 2. Variables del modelo predictivo

Factor predictivo	OR ajustado	IC 95 %	p
Perímetro del cuello $\geq 35,1$ cm	3,72	2,01-6,89	<0,001
Ácido úrico ≥ 331 mg/dl	2,85	1,52-5,33	0,001
Exceso de peso IMC ≥ 25	2,40	1,30-4,42	0,005

Fuente: Datos del estudio

En la Tabla 2 se refleja el modelo ajustado por edad, paridad y antecedentes familiares de diabetes. Prueba de Hosmer-Lemeshow: $p=0,32$ (buen ajuste del modelo).

Tabla 3. Sistema de puntuación simplificado

Criterios	Puntuación asignada
Perímetro del cuello $\geq 35,1$ cm	4
Ácido úrico ≥ 331 mg/dl	3
Exceso de peso IMC ≥ 25	3

Fuente: Datos del estudio

La estratificación del riesgo aparece en la Tabla 3:

De cero a 4 puntos: riesgo bajo (8,3% probabilidad)

De 5 a 7 puntos: riesgo moderado (34,7%)

De 8 a 10 puntos: riesgo alto (72,6%).

Tabla 4. Desempeño diagnóstico del modelo

Métrica	Valor	Intervalo de confianza
Sensibilidad	78,6%	71,2-84,9%
Especificidad	71,2%	63,8-77,8%
Valor predictivo positivo	68,4%	61,0-75,1%
Área bajo la curva (AUC)	0,78	072-0,84%

Fuente: Datos del estudio

El análisis bivariado aparece reflejado en la Tabla 4. Todas las variables antropométricas mostraron asociación significativa con DMG ($p<0,05$), se destacan:

- Perímetro cervical: OR 1,15 por cm (IC 95% 1,07-1,24)
- Ácido úrico: OR 1,08 por mg/dl (IC 95% 1,03-1,13).

DISCUSIÓN

El IMC no distingue si el peso corporal proviene de grasa, músculo u otros componentes y no refleja con precisión el contenido y la distribución de grasa en el cuerpo humano, lo que es de gran importancia para la evaluación clínica.^(2,3) Por lo tanto, además del IMC, se han utilizado otros indicadores de obesidad como la circunferencia de la cintura, la circunferencia del cuello, la relación cintura/altura, la relación cintura/cadera y la relación de grasa corporal para evaluar y predecir la aparición de diabetes gestacional. Diferentes indicadores de obesidad tienen una eficacia diferencial para medir y predecir la diabetes gestacional.⁽⁴⁾ Según la evidencia de investigación disponible, las tasas de incidencia de obesidad y diabetes gestacional aumentan paralelamente. Resulta significativo explorar la relación entre la obesidad y la diabetes gestacional.^(3,4,5) Las directrices internacionales sobre diabetes gestacional u obesidad gestacional se basan principalmente en las características de las poblaciones occidentales. Si se consideran la raza y la etnia, el entorno regional, las diferencias en los estilos de vida y las dietas y las tendencias en el desarrollo económico,⁽⁶⁾ junto con una incidencia creciente tanto de obesidad como de diabetes gestacional, existe la necesidad de mejorar la prevención y el manejo de la obesidad gestacional y la diabetes gestacional mediante una investigación de grandes datos basada en la población china.⁽¹⁾ Estos hallazgos confirman que la integración de parámetros antropométricos sencillos con un marcador metabólico de bajo costo (ácido úrico) permite construir un modelo predictivo con adecuado desempeño discriminativo para DMG.^(4,5) El perímetro cervical emergió como el predictor más potente, posiblemente por su correlación con la distribución de grasa visceral y su asociación con resistencia insulínica.⁽⁶⁾ En concordancia con estudios recientes⁽¹⁾ el perímetro cervical mostró mayor asociación con DMG que las medidas tradicionales.

La inclusión del ácido úrico como variable predictiva resulta particularmente relevante⁽⁹⁾ debido a que este marcador refleja no solo alteraciones en el metabolismo de las purinas, sino también estrés oxidativo y disfunción endotelial, procesos fisiopatológicos implicados en el desarrollo de DMG.^(7,8) La hiperuricemia como predictor coincide con los hallazgos de otros autores.⁽²⁾

El sistema de puntuación propuesto ofrece ventajas prácticas considerables para su implementación en entornos clínicos con recursos limitados al basarse en mediciones accesibles que no requieren tecnología compleja ni personal altamente especializado.^(9,10)

Limitaciones:

- Diseño transversal que no permite establecer causalidad
- Muestra relativamente pequeña en algunos estratos de IMC
- Falta de validación externa en otras poblaciones

Fortalezas:

- Protocolo estandarizado de mediciones
- Rigurosa validación interna mediante múltiples métodos
- Sistema de puntuación clínicamente aplicable.

CONCLUSIONES

El modelo predictivo desarrollado, que integra parámetros antropométricos (perímetro cervical, IMC) y niveles de ácido úrico, demostró capacidad adecuada para identificar gestantes con alto riesgo de desarrollar DMG.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Li D, Zhao Y, Zhang L, You Q, Jiang Q, Yin X, et al. Association between neck circumference and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol Metab Syndr* [Internet]. 2023 [citado 21/10/2024]; 15(1): [aprox. 2p.].
<https://dmsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13098-023-01111-z>
<https://doi.org/10.1186/s13098-023-01111-z>
2. Pérez-López FR, Martínez-Domínguez SJ, Lajusticia H, Chedraui P. Effects of programmed exercise on depressive symptoms in midlife and older women: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas* [Internet]. 2017 [citado 21/10/2024]; 106: [aprox. 2p.].
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29150165/> <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.09.001>
3. García-Patterson A, Erdozain L, Ginovart G, Adelantado JM, Cubero JM, Gallo G, et al. In human gestational diabetes mellitus congenital malformations are related to pre-pregnancy body mass index and to severity of diabetes. *Diabetologia* [Internet]. 2004 [citado 21/10/2024]; 47(3): [aprox. 3p.]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14770278/> <https://doi.org/10.1007/s00125-004-1337-3>
4. Instituto Nacional de Endocrinología. Segundo Consenso Cubano de Diabetes y Embarazo. *Rev Cubana Endocrinol* [Internet]. 2018 [citado 08/05/2025]; 29(1): [aprox. 2p.]. Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532018000100001&lng=es.

5. Saeedi M, Cao Y, Fadl H, Gustafson H, Simmons D. Increasing prevalence of gestational diabetes mellitus when implementing the IADPSG criteria: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* [Internet]. 2021 [citado 08/05/2025]; 172: [aprox. 2p.]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33359574/> <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108642>
6. Gallardo-Rincón H, Cantoral A, Arrieta A, Espinal C, Magnus MH, Palacios C, et al. Review: Type 2 diabetes in Latin America and the Caribbean: Regional and country comparison on prevalence, trends, costs and expanded prevention. *Prim Care Diabetes* [Internet]. 2021 [citado 08/05/2025]; 15(2): [aprox. 2p.]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33077379/> <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2020.10.001>
7. Xiong Q, Liu J, Xu Y. Effects of Uric Acid on Diabetes Mellitus and Its Chronic Complications. *Int J Endocrinol* [Internet]. 2019 [citado 08/05/2025]; 2019 [citado 08/05/2025]; 2019: [aprox.2p.] Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6815590/> <https://doi.org/10.1155/2019/9691345>
8. Deng F, Wang Q, Wen X, Xu X, Jia L, He H, et al. Association between Body Mass Index and Serum Uric Acid: mediation analysis involving liver enzymes indicators. *BMC Public Health* [Internet]. 2024 [citado 08/05/2025]; 24(1): [aprox. 2p.]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39478457/> <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20457-1>
9. Yang H, Liu H, Chen Y, Zhu C, Fang W, Mao W, et al. Long-term Efficacy of Neoadjuvant Chemoradiotherapy Plus Surgery for the Treatment of Locally Advanced Esophageal Squamous Cell Carcinoma: The NEOCRTEC5010 Randomized Clinical Trial. *JAMA surg* [Internet]. 2021 [citado 08/05/2025], 156(8):[aprox. 3p.]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34160577/> <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2021.2373>
10. Minschart C, Beunen K, Benhalim K. An Update on Screening Strategies for Gestational Diabetes Mellitus: A Narrative Review. *Diabetes Metab Syndr Obes* [Internet]. 2021 [citado 08/05/2025]; 14: [aprox. 2p.]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34262311/> <https://doi.org/10.2147/DMSO.S287121>

Conflictos de intereses

No se declaran conflictos de intereses

Contribución de autores

JACP, JASG, DCG, EMP, MSN: Conceptualización, curación de datos, metodología, validación

Esta revista está bajo una licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional — CC BY-NC 4.0

JACP, DCG, EMP: Análisis formal

JASG, JACP, MSN: Investigación

JACP: Administración del proyecto

JASG, DCG: Recursos

EMP, JACP: Software

JASG: Supervisión

JACP: Visualización

DCG: Redacción del borrador original

JACP, JASG, DCG: Redacción, revisión y edición