

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

MODELO HOMEOSTÁTICO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA DE INSULINA Y PREVENCIÓN DEL SÍNDROME METABÓLICO EN ADULTOS

**HOMEOSTASIS MODEL ASSESSMENT OF INSULIN
RESISTANCE AND PREVENTION OF METABOLIC
SYNDROME IN ADULTS**

Luis Alberto Pesantes Honores
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Jeremy Estanislao Salguero Jaramillo
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Franklin Benjamín Paladines Figueroa
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15887

Modelo Homeostático para Evaluar la Resistencia de Insulina y Prevención del Síndrome Metabólico en Adultos

Luis Alberto Pesantes Honores¹

lpesantes2@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-0825-4457>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Jeremy Estanislao Salguero Jaramillo

jsalguero1@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4136-4073>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

Franklin Benjamín Paladines Figueroa

fbpaladines@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7493-4602>

Facultad de Ciencia Químicas y de la salud

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

RESUMEN

El síndrome metabólico, un problema de salud pública que afecta a entre el 20% y el 25% de los adultos de todo el mundo, se asocia a complicaciones graves como las enfermedades cardiovasculares y la diabetes de tipo 2. La presente investigación tiene como propósito identificar la importancia del HOMA-IR para el diagnóstico del síndrome metabólico, mediante una revisión bibliográfica, para dar a conocer su utilidad en la práctica clínica en adultos. Basándose en una revisión de estudios recientes, destaca las variaciones en los puntos de corte del HOMA-IR entre distintos países, influidos por factores demográficos y culturales. En Brasil, por ejemplo, se identificó un valor de corte de 2,35, mientras que se observaron diferencias significativas en India, Irán y China, lo que refleja la necesidad de adaptar estos valores al contexto local. En Ecuador, aún no se han establecido valores de referencia específicos, lo que representa un reto para su aplicación clínica. La integración del HOMA-IR en las consultas médicas y programas de salud pública permitiría la detección temprana del síndrome metabólico, facilitando intervenciones personalizadas y efectivas que reduzcan el riesgo de complicaciones graves y optimicen la gestión de los recursos sanitarios.

Palabras clave: síndrome metabólico, resistencia a la insulina, obesidad

¹ Autor principal

Correspondencia: lpesantes2@utmachala.edu.ec

Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance and Prevention of Metabolic Syndrome in Adults

ABSTRACT

Metabolic syndrome, a public health problem affecting 20% to 25% of adults worldwide, is associated with serious complications such as cardiovascular disease and type 2 diabetes. The present investigation aims to identify the importance of HOMA-IR for the diagnosis of metabolic syndrome, through a literature review, in order to raise awareness of its usefulness in clinical practice in adults. Based on a review of recent studies, it highlights the variations in HOMA-IR cut-off points among different countries, influenced by demographic and cultural factors. In Brazil, for example, a cut-off value of 2.35 was identified, while significant differences were observed in India, Iran and China, reflecting the need to adapt these values to the local context. In Ecuador, specific reference values have not yet been established, which represents a challenge for its clinical application. The integration of HOMA-IR in medical consultations and public health programs would allow early detection of metabolic syndrome, facilitating personalized and effective interventions that reduce the risk of serious complications and optimize the management of health resources.

Keywords: metabolic syndrome, insulin resistance, obesity

Artículo recibido 05 enero 2025

Aceptado para publicación: 25 enero 2025



INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico constituye una problemática a nivel de la salud pública. Está constituido por varias afecciones que establecen relación con la resistencia a la insulina, obesidad abdominal, tensión arterial elevada, hiperlipidemia, colesterol HDL bajo y alteración de la glucosa plasmática en ayunas. Se estima que entre el 20 y 25% de los adultos en todo el mundo tienen “síndrome metabólico”, en países de “ingresos bajos y medios” existe un aumento rápido de esta enfermedad. Las enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares son complicaciones críticas que pueden desarrollar las personas que padecen esta patología (Prasun, 2020).

La resistencia a la insulina en los “trastornos del metabolismo de la glucosa” puede evaluarse utilizando el “Modelo Homeostático para Evaluar la Resistencia de Insulina” (HOMA-IR). Este modelo se considera un índice de buen uso para la prevención primaria de síndrome metabólico y diabetes mellitus, pero su aplicación es limitada por el “déficit de puntos de corte adecuados” debido a que estos difieren entre poblaciones (Valverde Pulla et al., 2021).

El HOMA-IR es un test con múltiples variables de fondo, más allá de la glucosa e insulina en ayunas. Esta prueba precisa de puntos de corte determinados en cada país o región para que pueda tener una mayor validez diagnóstica del síndrome metabólico debido a la diferencia del biotipo de cada población. No obstante, de manera general en la población adulta se ha determinado un punto de corte del HOMA-IR de $\geq 2,5$ para la detección de “resistencia a la insulina” y la identificación de pacientes con “mayor riesgo” de desarrollar Diabetes Mellitus. Son múltiples los países donde se han podido establecer puntos de corte para el test de HOMA-IR en función a las características inherentes de sus poblaciones. En Ecuador no se han realizado estudios poblacionales que validen puntos de corte para la identificación y prevención de enfermedades endocrino-metabólicas (Toin et al., 2022).

El síndrome metabólico (SM) es una entidad crónica que ha venido acrecentándose entre las poblaciones hasta convertirse hoy en día en un problema mundial para la salud pública. Consiste en un trastorno del metabolismo con una alta incidencia, relacionado directamente con enfermedades crónicas no transmisibles con un gran índice de morbimortalidad. Este síndrome abarca obesidad, dislipidemia aterogénica, hipertrigliceridemia, hiperglucemia e hipertensión arterial.



En conjunto, este estado favorece al desarrollo de aterosclerosis, enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y cáncer (Ramírez-López et al., 2021)(García et al., 2023).

La primera definición de este síndrome fue dada en el año 1988, donde se manifestó la hipótesis de que este síndrome es una característica central para la “aparición de diabetes y enfermedad coronaria”, definiéndose como síndrome “X”. En 1998 la “Organización Mundial de la Salud” (OMS) lo denomina como síndrome metabólico resaltando la resistencia a la insulina e hiperglucemia. En el 2001, el informe “NCEP/ATP III (National Cholesterol Education Program/Adult Treatment Panel III)” modifica esta definición, sugiriendo entre sus criterios: la circunferencia de cintura, hipertrigliceridemia, baja concentración de HDL-c, hipertensión arterial e hiperglucemia en ayunas; manifestando que la presencia de tres o más componentes son criterios diagnósticos para el síndrome metabólico. Cuatro años más tarde, la “Federación Internacional de Diabetes” (FID) aportó “nuevos criterios” señalando a la obesidad central como un factor obligatorio para el diagnóstico de SM, además de dos o más componentes. “En el año 2009, la AHA (American Heart Association) y la NHLBI (National Heart, Lung and Blood Institute) determinaron que la circunferencia de cintura ya no era un elemento imprescindible de los criterios utilizados para la definición del SM” (Petermann-Rocha et al., 2020)(Rus et al., 2023).

La prevalencia de SM ha aumentado exponencialmente a nivel global, considerándose hoy en día como una problemática de salud mundial. Se estima que “un cuarto de la población mundial adulta” padecen de SM, con una prevalencia que va en rangos desde 20 a 30% en la población adulta, y de 0 a 19.2% en la población pediátrica; pero esta, incluso, puede alcanzar hasta 80% en pacientes con DM2. En Latinoamérica, México es el país con más alto porcentaje de población con SM, con una prevalencia del 50% en adultos mayores de 20 años. Sin embargo, otros países de Latinoamérica también han reportado cifras altas de SM, con un estimado del 25% de la población entre 18 y 65 años. En Ecuador, en el año 2021 se reportó la prevalencia del SM en la población entre 18 a 59 años, demostrando que el 31,5% de hombres y el 30,8% de mujeres lo padecen (Prasun, 2020)(Pérez-Galarza et al., 2021).

Los mecanismos fisiopatológicos del síndrome metabólico (SM) son complejos y aún no se comprenden completamente.



Se han sugerido varios mecanismos, incluyendo la “resistencia a la insulina, la activación neurohormonal y la inflamación crónica de bajo grado”. Todavía hay debate sobre si los diferentes componentes del síndrome metabólico constituyen patologías distintas o si forman parte de un proceso patogénico común más amplio. Además de los “factores genéticos y epigenéticos”, “factores ambientales” y de “estilo de vida”, han sido identificados como los “principales factores predisponentes para el desarrollo del síndrome metabólico”. La ingesta calórica elevada juega un papel causal importante, debido a que la “adiposidad visceral” es un “desencadenante clave” que activa muchas de las “vías del síndrome metabólico”. En conjunto, estos factores son cruciales para la progresión hacia el síndrome metabólico y su eventual evolución hacia enfermedades cardiovasculares y DM2 (Urashima et al., 2021)(Fahed et al., 2022).

“El modelo homeostático para evaluar la resistencia de insulina (HOMA-IR)”, es un índice matemático descrito por primera vez en 1985. Este modelo ha sido validado por varios autores para identificar la incidencia de SM y DM2. Otros trabajos han demostrado su eficacia mediante la correlación con el “clamp hiperinsulinémico-euglucémico” que es el estándar de oro para determinar “resistencia a la insulina”. “Su uso en la práctica clínica se ve limitado por la falta de umbrales precisos. Su uso en la práctica clínica se ve limitado por falta de umbrales precisos”. Con el objeto de buscar estandarizaciones, numerosos estudios han marcado sus propios puntos de corte en distintas poblaciones, mostrando que ciertos estados patológicos y fisiológicos pueden modificar los resultados (Park et al., 2021). La fórmula está basada en la correlación entre los niveles de insulina y glucemia en ayunas, evaluando el balance entre la secreción de insulina y la producción hepática de glucosa (da Silva et al., 2023).

Fisiológicamente, la resistencia a la insulina es un “estado de respuesta reducida hacia esta hormona en sus tejidos diana”. La “resistencia a la insulina” es considerada como el “causante principal” de muchas enfermedades modernas, como “el SM, enfermedad del hígado graso no alcohólico, aterosclerosis y DM2”. El síntoma clínico principal de la DM2 es la resistencia a la insulina, que es precedida por niveles elevados de glucosa plasmática no fisiológicos. Los niveles de insulina aumentan en la condición prediabética para satisfacer los requisitos normales de insulina, lo que resulta en hiperinsulinemia crónica y, finalmente, DM2 (Lee et al., 2022)(Tamura et al., 2020).



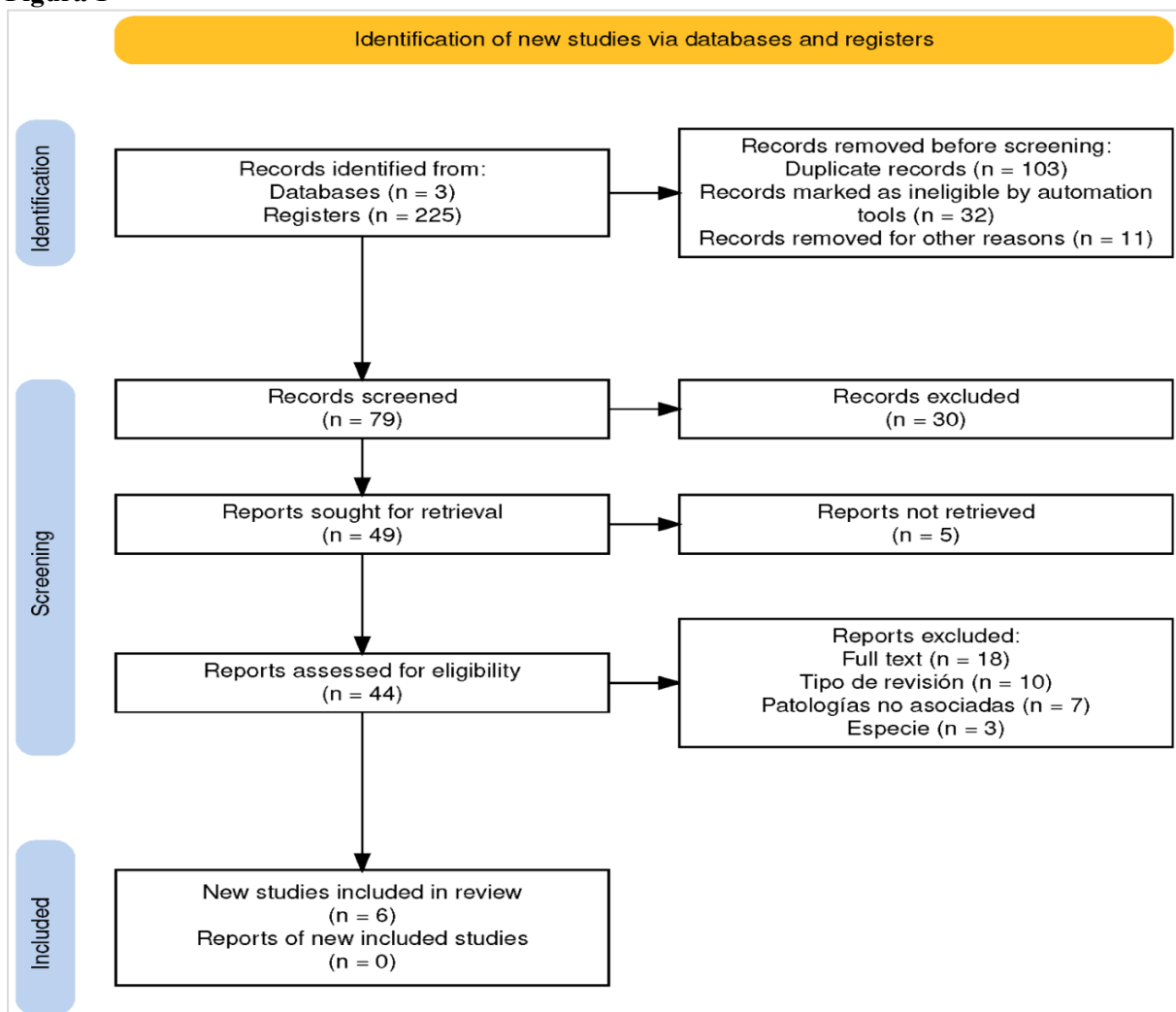
METODOLOGÍA

Este trabajo fue realizado bajo el paradigma positivista con un “enfoque cuantitativo de tipo de investigación básico, con un diseño no experimental”. Este es un estudio descriptivo, analítico y retrospectivo llevado a cabo mediante una revisión bibliográfica del estado del arte con relación al Modelo homeostático para evaluar la resistencia de insulina (HOMA-IR) y el síndrome metabólico.

Se revisaron artículos publicados en los últimos cinco años, disponibles en texto completo, libre acceso, abarcando ensayos clínicos, ensayos controlados aleatorios y revisiones, en los idiomas español e inglés, aplicando los filtros correspondientes.

Para esquematizar los resultados de la revisión se utilizó el diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), facilitando la presentación de los datos.

Figura 1



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1

Autor/es Año	Lugar	Título	Diseño Metodológico	Población	Resultados
(de Fátima Haueisen, 2020)	Se lo realizó en Brasil	“Evaluación del modelo de homeostasis de la resistencia a la insulina (HOMA-IR) y el síndrome metabólico al inicio de una cohorte brasileña multicéntrica: estudio ELSA-Brasil”.	Estudio transversal	Participantes voluntarios (12.313) con “edades comprendidas entre los 35 y 74 años”	De las 12.313 personas el 34.6% tenían síndrome metabólico y el 65.4% no lo tenían, se encontró que el valor de HOMA-IR con la mayor sensibilidad y especificidad combinada para identificar el síndrome metabólico fue 2.35, esto es en relación a los participantes sin obesidad como a la población total (de Fátima Haueisen Sander Diniz et al., 2020).
(Endukuru CK, 2020)	Sur de la India con Autorización ética del Comité de Ética Institucional, Instituto Jawaharlal de Educación e Investigación Médica de Posgrado, Puducherry, India.	“Valores de corte y utilidad clínica de los marcadores sustitutos de resistencia a la insulina y función de las células beta para identificar el síndrome metabólico y sus componentes en adultos del sur de la India.”	Estudio transversal	150 personas para permitir mayor cobertura de la población en general	La OMS describió un valor de corte de HOMA-IR para la detección de IR en $\geq 1,8$. En cuanto a los resultados que mostró este estudio, estableció un valor de corte acorde a la población india en $\geq 2,86$ el cuál proporcionó un poder predictivo, sensibilidad y especificidad para detectar el SM (Endukuru et al., 2020).
(Arjmand B, 2022)	Irán	“Firmas metabólicas de la resistencia a la insulina en individuos no diabéticos.”	Estudio transversal	El estudio estuvo compuesto por 403 personas (edad media 54,63 \pm 12,13 años).”	La “media de HOMA-IR” entre los participantes fue de 2,09 \pm 1,58, y 118 (29,3%) de los sujetos presentaban síndrome metabólico.



De ellos, 197 (48,9%) eran hombres y 206 (51,1%) mujeres.” El punto de corte óptimo del HOMA-IR fue de 1,95 según el índice de Yuden para detectar personas con síndrome metabólico. Así, 180 pacientes (44,7%) tenían un HOMA-IR igual o superior a 1,95, y 223 pacientes (55,3%) tenían un HOMA-IR inferior a 1,95 (Arjmand et al., 2022).

(D’ELIA L, 2024)	Sur de Italia	Índice de triglicéridos-glucosa, índice HOMA y síndrome metabólico en una muestra de hombres adultos	de Estudio transversal	El análisis incluyó a 440 hombres adultos (The Olivetti Heart Study) sin SM al inicio del estudio.	Durante el “período de seguimiento”, el 21,6% de los participantes desarrollaron SM. Se observó que tanto el índice TyG basal como el HOMA-IR eran significativamente más altos en quienes desarrollaron SM en comparación con aquellos que no lo hicieron. Estos hallazgos se mantuvieron incluso tras ajustar por los “principales factores de confusión”. Al estratificar según el punto de corte óptimo, un TyG >4,78 se identificó como un predictor significativo de SM, incluso después de los ajustes correspondientes. De manera similar, un HOMA-IR >2,14 se asoció con un mayor riesgo de desarrollar SM en modelos multivariados (D’ELIA et al., 2024).
-------------------------	---------------	--	------------------------	--	---



(Barreto, 2022)	Universidad Federal de São Paulo (UNIFESP)	“¿Es la evaluación del modelo de homeostasis para la resistencia a la insulina >2,5 un criterio distinguido para la identificación de la enfermedad del hígado graso asociada a la disfunción metabólica?”	Estudio retrospectivo	174 individuos adultos de ambos sexos	La mayoría de las personas estudiadas tenían un promedio de edad de 54 años y, en su mayoría, eran mujeres (60,3%). El peso promedio correspondía a un IMC de 30,3 kg/m ² , y tres de cada cuatro presentaban un perímetro de cintura elevado. Al analizar los parámetros metabólicos, se encontró que el síndrome metabólico era más frecuente en quienes tenían un HOMA-IR mayor a 2,5. Sin embargo, no se observaron diferencias importantes en el peso entre los grupos comparados (Barreto et al., 2022).
(Lin, 2022)	Hospital Xiamen Chang-Gung, China.	“Evaluación del modelo de umbral de homeostasis de la resistencia a la insulina para identificar el síndrome metabólico en una población china de 45 años o menos.”	Estudio retrospectivo transversal	Se analizaron 5954 hombres y 4185 mujeres.	Este estudio fue realizado con adultos chinos de ≥ 18 años. El punto de corte óptimo de HOMA-IR para predecir el SM fue de 1,7 en hombres (sensibilidad 0,75%; especificidad 0,74%) y de 1,78 en mujeres (sensibilidad 0,79%; especificidad 0,81%) (Lin et al., 2022).

El valor de corte más alto se identificó en el estudio del sur de la India realizado por Endukuru et al. (2020), quienes descubrieron que un valor HOMA-IR $\geq 2,86$ se asociaba con una mayor sensibilidad para detectar la “resistencia a la insulina en la población india”. Este valor puede reflejar una combinación de alta carga genética de resistencia a la insulina y patrones dietéticos ricos en carbohidratos típicos de esta región. Por el contrario, Arjmand et al. (2022), en su estudio realizado en



Irán, determinaron un valor de corte inferior de $\geq 1,95$. Este valor refleja una menor resistencia a la insulina en comparación con otros países, posiblemente influida por una menor prevalencia de obesidad y diferentes hábitos dietéticos en la población iraní.

El estudio con mayor población se realizó en Brasil, según Fatima Haueisen et al. (2020), que analizaron 12.313 sujetos en el estudio ELSA-Brasil. Este análisis masivo permitió identificar un valor de corte HOMA-IR de 2,35, representativo de la población brasileña, que puede estar relacionado con las altas tasas de obesidad y síndrome metabólico observadas en la región. Por el contrario, el estudio con la muestra más pequeña fue el realizado en el sur de la India por Endukuru et al. (2020), con sólo 150 participantes. A pesar del menor número de participantes, el estudio logró identificar un valor de corte significativo ($\geq 2,86$) que es relevante para la población india.

En América del Sur, el estudio de de Fátima Haueisen et al. (2020) en Brasil informó un valor de corte HOMA-IR de 2,35, lo que refleja una "mayor prevalencia de resistencia a la insulina en comparación con algunos países asiáticos y europeos". Este valor podría explicarse por el alto "consumo de carbohidratos y grasas saturadas, junto con niveles relativamente bajos de actividad física". En comparación con otros continentes, Brasil presenta un valor intermedio de resistencia a la insulina.

En Asia, la diversidad de valores de corte HOMA-IR es notable, Endukuru et al. (2020), en su estudio realizado en el sur de la India, encontraron que un valor HOMA-IR $\geq 2,86$ era el más alto, lo que sugiere una alta resistencia a la insulina en la población india, posiblemente asociada a factores genéticos y dietéticos específicos.

En China, el estudio de Lin et al. (2022) en una población de adultos mayores de 18 años determinó valores de corte más bajos, de 1,7 en los hombres y 1,78 en las mujeres, lo que refleja una menor carga de resistencia a la insulina. Estos valores más bajos podrían explicarse por un estilo de vida más activo y una dieta más equilibrada en comparación con otros países asiáticos.

Arjmand et al. (2022), en su estudio realizado en Irán, comunicaron un valor de corte HOMA-IR de 1,95, lo que sitúa a Irán en un punto intermedio entre los países asiáticos y europeos, influido por su dieta mediterránea y una menor prevalencia de obesidad.

En Europa, el estudio de D'Elia et al. (2024) en Italia encontró un valor de corte HOMA-IR de $> 2,14$.



Este valor refleja una resistencia intermedia a la insulina, similar a la observada en Brasil. Sin embargo, en comparación con países asiáticos como China, el valor en Italia es superior, pero inferior al de la India, lo que sugiere que la dieta mediterránea puede tener un papel protector de la “resistencia a la insulina en la población italiana”.

Cuando comparamos los valores de corte HOMA-IR entre Brasil (2,35) e Italia (2,14) (D'Elia et al., 2024), observamos que ambos países muestran niveles intermedios de resistencia a la insulina, superiores a los de China, pero inferiores a los de la India. Este patrón indica que América y Europa comparten características metabólicas similares, mientras que Asia presenta una gama más amplia de valores, siendo China la que muestra la resistencia más baja y la India la más alta.

El HOMA-IR no sólo es útil para predecir el síndrome metabólico, sino también otras condiciones metabólicas, como el hígado graso. Según el estudio realizado por Barreto (2022) en Brasil, se observó que un valor de HOMA-IR superior a 2,5 estaba relacionado con la prevalencia de enfermedad de hígado graso en personas con disfunción metabólica. Además, los estudios de D'Elia et al. (2024) e Irán (Arjmand et al., 2022) mostraron que los valores de corte del HOMA-IR también están estrechamente relacionados con otros marcadores metabólicos como el índice T&G, lo que refuerza la utilidad de HOMA-IR como herramienta diagnóstica y predictiva.

CONCLUSIONES

“Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia del índice HOMA-IR” como herramienta fiable y útil para el diagnóstico y seguimiento del síndrome metabólico en adultos. Este modelo facilita una evaluación más precisa de la resistencia a la insulina, un factor crucial en el desarrollo de esta afección.

Los estudios revisados muestran que los puntos de corte del HOMA-IR varían en función de las características demográficas y étnicas de las poblaciones analizadas. En Brasil, por ejemplo, se identificó un valor de corte de 2,35, con alta sensibilidad y especificidad para la población general. En la India, este valor fue $\geq 2,86$, ajustado a las particularidades locales, mientras que en Irán el punto óptimo se estableció en 1,95 basándose en el índice de Yuden. En China, además, se observaron diferencias de género: 1,7 para los hombres y 1,78 para las mujeres.



Estas variaciones reflejan la importancia de ajustar los valores de referencia a las características específicas de cada región, garantizando su utilidad en el diagnóstico clínico.

Dado que las poblaciones latinoamericanas comparten características metabólicas similares, y con el apoyo de los hallazgos del estudio realizado en Brasil, se sugiere un punto de corte HOMA-IR de aproximadamente 2,35 como referencia inicial para los estudios en Ecuador. Este valor, que demostró alta sensibilidad y especificidad en la población brasileña, necesita ser validado por investigaciones locales que consideren factores como “índice de masa corporal (IMC), perímetro abdominal y antecedentes genéticos, asegurando que sea aplicable al contexto ecuatoriano”.

La incorporación del HOMA-IR como herramienta diagnóstica en la práctica clínica podría facilitar la detección precoz del síndrome metabólico, permitiendo intervenciones más rápidas y adaptadas a cada paciente. Además, su capacidad para identificar a los individuos en situación de riesgo ayudaría a prevenir complicaciones metabólicas graves, como la “diabetes de tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arjmand, B., Ebrahimi Fana, S., Ghasemi, E., Kazemi, A., Ghodssi-Ghassemabadi, R., Dehghanbanadaki, H., Najjar, N., Kakaii, A., Forouzanfar, K., Nasli-Esfahani, E., Farzadfar, F., Larijani, B., & Razi, F. (2022). Metabolic signatures of insulin resistance in non-diabetic individuals. *BMC Endocrine Disorders*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/S12902-022-01130-3>
- Barreto, B. F. de M., Punaro, G. R., Elias, M. C., & Parise, E. R. (2022). IS HOMEOSTASIS MODEL ASSESSMENT FOR INSULIN RESISTANCE >2.5 A DISTINGUISHED CRITERIA FOR METABOLIC DYSFUNCTION-ASSOCIATED FATTY LIVER DISEASE IDENTIFICATION? *Arquivos de gastroenterologia*, 59(3), 402–407. <https://doi.org/10.1590/S0004-2803.202203000-72>
- da Silva, C. de C., Zambon, M. P., Vasques, A. C. J., Camilo, D. F., de Góes Monteiro Antonio, M. Â. R., & Geloneze, B. (2023). The threshold value for identifying insulin resistance (HOMA-IR) in an admixed adolescent population: A hyperglycemic clamp validated study. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 67(1), 119. <https://doi.org/10.20945/2359-3997000000533>



- de Fátima Haueisen Sander Diniz, M., Beleigoli, A. M. R., Schmidt, M. I., Duncan, B. B., Ribeiro, A. L. P., Vidigal, P. G., Benseñor, I. M., Lotufo, P. A., Santos, I. S., Griep, R. H., & Barreto, S. M. (2020). Homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) and metabolic syndrome at baseline of a multicentric Brazilian cohort: ELSA-Brasil study. *Cadernos de saude publica*, 36(8). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00072120>
- D'ELIA, L., MASULLI, M., BARBATO, A., RENDINA, D., IACONE, R., RUSSO, O., STRAZZULLO, P., & GALLETTI, F. (2024). Triglyceride-Glucose Index, HOMA Index and metabolic syndrome in a sample of adult men. *Minerva Medica*, 115(3), 301–307. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.24.09155-9>
- Endukuru, C. K., Gaur, G. S., Yerrabelli, D., Sahoo, J., & Vairappan, B. (2020). Cut-off Values and Clinical Utility of Surrogate Markers for Insulin Resistance and Beta-Cell Function to Identify Metabolic Syndrome and Its Components among Southern Indian Adults. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 29(4), 281. <https://doi.org/10.7570/JOMES20071>
- Fahed, G., Aoun, L., Zerdan, M. B., Allam, S., Zerdan, M. B., Bouferaa, Y., & Assi, H. I. (2022). Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *International journal of molecular sciences*, 23(2). <https://doi.org/10.3390/IJMS23020786>
- García, S., Pastor, R., Monserrat-Mesquida, M., Álvarez-Álvarez, L., Rubín-García, M., Martínez-González, M. Á., Salas-Salvadó, J., Corella, D., Goday, A., Martínez, J. A., Alonso-Gómez, Á. M., Wärnberg, J., Vioque, J., Romaguera, D., Lopez-Miranda, J., Estruch, R., Tinahones, F. J., Lapetra, J., Serra-Majem, L., ... Bouzas, C. (2023). Metabolic syndrome criteria and severity and carbon dioxide (CO₂) emissions in an adult population. *Globalization and Health*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/S12992-023-00948-3>
- Lee, S. H., Park, S. Y., & Choi, C. S. (2022). Insulin Resistance: From Mechanisms to Therapeutic Strategies. *Diabetes & metabolism journal*, 46(1), 15–37. <https://doi.org/10.4093/DMJ.2021.0280>
- Lin, S. Y., Li, W. C., Yang, T. A., Chen, Y. C., Yu, W., Huang, H. Y., Xiong, X. J., & Chen, J. Y. (2022). Optimal Threshold of Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance to Identify Metabolic Syndrome in a Chinese Population Aged 45 Years or Younger. *Frontiers in endocrinology*, 12. <https://doi.org/10.3389/FENDO.2021.746747>



- Park, S. Y., Gautier, J. F., & Chon, S. (2021). Assessment of Insulin Secretion and Insulin Resistance in Human. *Diabetes & Metabolism Journal*, 45(5), 641. <https://doi.org/10.4093/DMJ.2021.0220>
- Pérez-Galarza, J., Baldeón, L., Franco, O. H., Muka, T., Drexhage, H. A., Voortman, T., & Freire, W. B. (2021). Prevalence of overweight and metabolic syndrome, and associated sociodemographic factors among adult Ecuadorian populations: the ENSANUT-ECU study. *Journal of Endocrinological Investigation*, 44(1), 63. <https://doi.org/10.1007/S40618-020-01267-9>
- Petermann-Rocha, F., Martínez-Sanguinetti, M. A., Ho, F. K., Celis-Morales, C., & Pizarro, A. (2020). Optimal cut-off points for waist circumference in the definition of metabolic syndrome in Chile. *Public Health Nutrition*, 23(16), 2898. <https://doi.org/10.1017/S1368980020001469>
- Prasun, P. (2020). Mitochondrial dysfunction in metabolic syndrome. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1866(10), 165838. <https://doi.org/10.1016/J.BBADIS.2020.165838>
- Ramírez-López, L. X., Aguilera, A. M., Rubio, C. M., Aguilar-Mateus, Á. M., Ramírez-López, L. X., Aguilera, A. M., Rubio, C. M., & Aguilar-Mateus, Á. M. (2021). Síndrome metabólico: una revisión de criterios internacionales. *Revista Colombiana de Cardiología*, 28(1), 60–66. <https://doi.org/10.24875/RCCAR.M21000010>
- Rus, M., Crisan, S., Andronic-Cioara, F. L., Indries, M., Marian, P., Pobirci, O. L., & Ardelean, A. I. (2023). Prevalence and Risk Factors of Metabolic Syndrome: A Prospective Study on Cardiovascular Health. *Medicina*, 59(10). <https://doi.org/10.3390/MEDICINA59101711>
- Tamura, Y., Omura, T., Toyoshima, K., & Araki, A. (2020). Nutrition Management in Older Adults with Diabetes: A Review on the Importance of Shifting Prevention Strategies from Metabolic Syndrome to Frailty. *Nutrients*, 12(11), 1–29. <https://doi.org/10.3390/NU12113367>
- Toin, T., Reynaud, Q., Denis, A., Durieu, I., Mainguy, C., Llerena, C., Pin, I., Touzet, S., & Reix, P. (2022). HOMA indices as screening tests for cystic fibrosis-related diabetes. *Journal of Cystic Fibrosis*, 21(1), 123–128. <https://doi.org/10.1016/J.JCF.2021.05.010>
- Urashima, K., Miramontes, A., Garcia, L. A., & Coletta, D. K. (2021). Potential evidence for epigenetic biomarkers of metabolic syndrome in human whole blood in Latinos. *PLOS ONE*, 16(10), e0259449. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0259449>



Valverde Pulla, J., Prieto Fuentemayor, C., Valverde Pulla, J., & Prieto Fuentemayor, C. (2021). Índice HOMA-IR como indicador de riesgo de enfermedades endocrino-metabólicas en niños y adolescentes con obesidad. *Vive Revista de Salud*, 4(11), 60–79.
<https://doi.org/10.33996/REVISTAVIVE.V4I11.86>

