



Medicent Electrón. 2024;28:e4208

ISSN 1029-3043

Artículo Especial

## Desarrollo de modelos predictivos para la hipertensión arterial

Development of predictive models for arterial hypertension

Mildrey Jiménez López<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5835-9532>

Carlos Jorge Hidalgo Mesa<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4705-4519>

Eligio Eduardo Barreto Fiu<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3523-2875>

Yasel Sánchez Pérez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8382-8457>

Yunier Jiménez Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0003-6340-5478>

César Hernández Bonilla<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3320-618X>

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas de las Fuerzas Armadas Revolucionarias. La Habana. Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Cuba.

\*Autor para la correspondencia: Correo electrónico: [mildreyjl@infomed.sld.cu](mailto:mildreyjl@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

La hipertensión arterial es la enfermedad cardiovascular más frecuente a nivel mundial. El presente estudio, a partir de una búsqueda bibliográfica, resume información actualizada sobre modelos predictivos enfocados en la prevención de sus factores de riesgo más significativos. Esta se realizó en las bases de datos



SciELO, Google académico y Pubmed entre enero-marzo del 2024. Se encontraron 40 modelos realizados en diversos países; mayormente en aquellos con un alto nivel socioeconómico y con escasa heterogeneidad poblacional. Predominaron los estudios prospectivos. Los predictores más frecuentes fueron: edad, sexo, índice de masa corporal, presión arterial e historia de hipertensión familiar; y en menor medida, los predictores genéticos. Estos modelos contribuyen al diagnóstico temprano y al control de la hipertensión arterial así como a disminuir la morbilidad y mortalidad asociadas a esta.

**DeCS:** hipertensión; presión arterial; factores de riesgo de enfermedad cardíaca.

## ABSTRACT

High blood pressure is the most common cardiovascular disease worldwide. The present study is based on a bibliographic search and summarizes updated information on predictive models focused on the prevention of its most significant risk factors. This was carried out in SciELO, Google scholar and Pubmed databases between January and March 2024. A number of 40 models made in various countries were found; mostly in those with a high socioeconomic level and a little population heterogeneity. Prospective studies predominated. Age, gender, body mass index, blood pressure and history of family hypertension were the most common predictors and to a lesser extent genetic ones. These models contribute to the early diagnosis and control of arterial hypertension as well as to decrease morbidity and mortality associated with it.

**MeSH:** hypertension; arterial pressure; heart disease risk factors.

Recibido: 25/05/2024

Aprobado: 30/05/2024



## INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial (HTA) es un grave problema de salud a nivel mundial, factor de riesgo determinante en enfermedades cardiovasculares. Se estima que 1 280 millones de adultos, entre 30 y 79 años, la padecen. En 2019, el 82 % de personas con esta enfermedad, vivían en regiones de ingresos bajos y medios (PIBM).<sup>(1,2)</sup> A pesar de su creciente prevalencia, el grado de concientización, el tratamiento y control oportuno de la misma, son insuficientes, sobre todo en esos países.<sup>(2,3)</sup>

La *Guía Cubana de Diagnóstico, Evaluación y Tratamiento de la HTA* (2017), en el mismo sentido que su predecesora del 2008, clasifica esta afección según las cifras de presión arterial (PA), en adultos mayores de 18 años. La presión arterial sistólica (PAS): 140 mmHg o más; la presión arterial diastólica (PAD): 90 mm Hg o más; o ambas. También mantiene el término prehipertensión, con PA entre 120-139 (PAS)/80-89 (PAD) mm Hg.<sup>(4)</sup>

La intervención temprana y el control reducen la incidencia de este padecimiento y sus complicaciones. En función de su diagnóstico precoz, es importante establecer sistemas de predicción eficientes y precisos.<sup>(5)</sup> Los modelos predictivos de HTA, libres de costo, complementan la prevención primaria, y pueden usarse en todos los niveles de atención; constituyen herramientas eficaces en el cuidado de la salud, el uso de la tecnología y la toma de decisiones.<sup>(2,3)</sup> Estos son comunes en países desarrollados. En la región latinoamericana, solo Brasil cuenta con uno de ellos. Por otro lado, no hay una evidencia sintética del desempeño de los que existen; y solo se aplican en poblaciones determinadas.

En general, Cuba cuenta con escasos estudios longitudinales de HTA. Esto constituye un obstáculo para la implementación de dichos modelos, en función de predecir con exactitud la enfermedad en la adultez.



El presente estudio tiene como objetivo resumir la evidencia actual sobre estos modelos predictivos; que permiten, por medio de estrategias individuales y poblacionales, detectar individuos susceptibles de padecer HTA y prevenir sus factores de riesgo más significativos.

## DESARROLLO

La selección de estudios y el método de análisis utilizados siguen las directrices *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).<sup>(6)</sup> Se trabajó con las bases de datos SciELO, Google académico y Pubmed, entre enero y marzo del 2024. La búsqueda se realizó mediante las siguientes palabras clave: (*prediction model OR risks care*) AND (*hypertension OR high blood pressure*). Los títulos y resúmenes de los artículos encontrados se utilizaron como contenido de revisión principal, para determinar su inclusión.

### Criterios de inclusión:

1. Informe de escala de riesgo, ecuación o sistema de puntuación de riesgo.
2. Estudios sobre predicción de riesgos de hipertensión arterial.
3. Publicaciones en revistas en idioma inglés o español.
4. Estudios realizados en sujetos de 18 años y más.
5. Informes sobre medidas cuantitativas del desempeño del modelo (de preferencia).

### Criterios de exclusión:

- Estudios descriptivos sobre la asociación de factores de riesgo e incidencia de hipertensión.
- Estudios de simulación.



- Estudios de predicción relacionados con la gestación o con menores de 18 años.
- Datos de investigación no publicados o cuestionables.
- De cada artículo trabajado se extrajo: año de publicación, edad de inclusión, sexo, número total de pacientes, pacientes positivos a HTA, tipo de estudio y de seguimiento, factores de riesgo, tipo de análisis estadístico y validación.

En cuanto a la distribución geográfica, el número de participantes, la edad, el sexo y el tiempo de seguimiento, se analizaron 40 modelos predictivos. El primero tuvo lugar en Estados Unidos en 1990; fue un estudio mixto, sobre la predicción de HTA y la enfermedad coronaria, con el mayor tiempo de seguimiento (30 años).

La mayoría se realizó en países desarrollados con poblaciones blancas o asiáticas: 7 en EE.UU, 11 en China, 5 en Japón; otros países como Finlandia, España, Suecia, Alemania, Turquía, Inglaterra e Irán cuentan con 1 o 2 modelos. En PIBM solo se publicaron 2 estudios: 1 en Brasil y 1 en la India.

Los estudios se realizaron en ambos sexos, aunque solo 1 se centró en las mujeres.

El número de participantes varió entre los modelos, de 267 a 4287407.

Los años de seguimiento se fijaron entre 3-30 años.

En cuanto al tipo de estudio, la mayor parte fueron prospectivos; solo 2 fueron de cohorte retrospectiva, al usar datos de bases estadísticas médicas nacionales o estatales. El modelo de la India fue un estudio transversal con escasos pacientes.

(Tabla 1)



**Tabla 1.** Características poblacionales, total de participantes y tiempo de seguimiento de los pacientes en los diferentes modelos predictivos.

Estudio	País/participantes	Tipo de estudio	Edad y sexo	Eventos HTA(n)/Total Participantes (N)	Tiempo de seguimiento
Pearson. <sup>(7)</sup> 1990	EE.UU./mixto, principalmente caucásicos	Cohorte prospectiva	Menos de 25 años, solo hombres	114/1 271	30 años
Chih-Jung Yeh. <sup>(3)</sup> 2001	China/asiáticos	Cohorte prospectiva	Mayor de 20, ambos sexos	87/2 373	3,23 años
Ture. <sup>(3)</sup> 2005	Turquía/europeos	Retrospectivo	48, 2 años, ambos sexos	452/694	NR
Parikh. <sup>(8)</sup> 2008	EE.UU./principalmente caucásicos	Cohorte prospectiva	20–69 años, ambos sexos	796/1 717	Media 3,8 años
Paynter. <sup>(9)</sup> 2009	EE.UU./ blancos y negros	Cohorte prospectiva	45–64 años, solo mujeres	CD: 9 427/1 935 CV: 5 395/1 068	8 años
Kivimaki. <sup>(3)</sup> 2009	Reino Unido/caucásicos	Cohorte prospectiva	35–68 años, ambos sexos	1 258/8 207	Media 5,6 años
Kivimaki. <sup>(10)</sup> 2010	Reino Unido/caucásicos	Cohorte prospectiva	36–68 años, ambos sexos	CD: 614/4 135 CV: 438/2 785	Media 5,8 años
Kshirsagar. <sup>(11)</sup> 2010	EE. UU./mixto, principalmente caucásicos	Cohorte prospectiva	45–64 años, ambos sexos	3 795/11 407	9 años
Muntner. <sup>(12)</sup> 2010	EE. UU./mixto	NR	45–84 años, ambos sexos	849/3 013	Media de 1,6 a 4,8 años
Bozorgmanesh. <sup>(3)</sup> 2011	Irán/asiáticos	Cohorte prospectiva	≥ 20 años Ambos sexos	805/4 656	6 años
Chien. <sup>(13)</sup> 2011	Taiwan/ asiáticos	Cohorte prospectiva	≥35 años, ambos sexos	1 029/2 506	Media 6,15 años
Fava. <sup>(3)</sup> 2013	Suecia/caucásicos	Cohorte prospectiva	Mediana edad, ambos sexos	NR/10 781	Promedio de 23 años
Lim. <sup>(3)</sup> 2013	Korea/asiáticos	Cohorte prospectiva	40–69 años, ambos sexos	819/4 747	4 años
Volzke. <sup>(3)</sup> 2013	Alemania noreste/ blancos	Prospectivo	20±79 años, ambos sexos	CD:166/803 CV: 157/802	5 años
Li Guoqi. <sup>(3)</sup> 2014	China/asiáticos	Prospectivo	35±64 años, ambos sexos	1 776/3 899	15 años
Yue Qi. <sup>(3)</sup> 2014	China/asiáticos	Cohorte prospectiva Caso control	Caso: 64,48 años ± 8,53; Control: 64,23 años ±10,13	1 009/NR	NR



Bum Ju Lee. <sup>(3)</sup> 2014	Korea/ asiáticos	Transversal	21±85 años, ambos sexos	12 789	NR
Lim. <sup>(15)</sup> 2015	Korea/ asiáticos	Cohorte prospectiva	40–69 años, ambos sexos	NR/5 632	4 años
Otsuka. <sup>(16)</sup> 2015	Japón/ asiáticos	Cohorte prospectiva	19–63 años, solo hombres	1 633/15 025	4 años
Xiangfeng Lu. <sup>(3)</sup> 2015	China/ asiáticos	Prospectivo	35-74 años, ambos sexos	2 559/7 724	7,9 años
Wenchao Zhang. <sup>(3)</sup> 2015	China/asiáticos	Prospectivo	18-88 años, ambos sexos	3 793/17 471	5 años
Yamakado. <sup>(17)</sup> 2015	Japón/asiáticos	Prospectivo	55,2 años, ambos sexos	424/2 637	4 años
Joung-Won Lee. <sup>(3)</sup> 2015	Korea/asiáticos	Prospectivo	40±69 años, ambos sexos	2 128 hombres 2 326 mujeres	4 años
Asgari. <sup>(18)</sup> 2015	Irán/iraníes	Cohorte Prospectiva	≥20 años, ambos sexos	HSA: 235/4 574 HDA: 470/4 809	Entre 9 y 10 años
Wang. <sup>(3)</sup> 2015	EE.UU/mixto	retrospectivo	≥ 18 años, ambos sexos	NR/308 711	NR
Sathish. <sup>(19)</sup> 2016	India/asiáticos	Cohorte Prospectiva	15–64, ambos sexos	70/297	Media 7,1 años
Niiranen. <sup>(3)</sup> 2016	Finlandia/ caucásicos	prospectivo	≥30 ambos sexos	NR/2 045	11 años
Chen. <sup>(3)</sup> 2016	China/ asiáticos	Cohorte Prospectiva	Promedio de edad en años 41,73 hombres, 39,49 mujeres	2 021/7 537	4 años
Kanegae. <sup>(3)</sup> 2018	Japón/asiáticos	Cohorte Prospectiva	18–83 años, ambos sexos.	7 402/63 495	Media de 3,4 años
Wang. <sup>(3)</sup> 2018	China/ asiáticos	Longitudinal	18–90 años, ambos sexos.	882/5 265 (CD) NR/1 597 (CV)	8,05±5,27 años
Xu. <sup>(20)</sup> 2019	China/asiáticos	Cohorte prospectiva	35–74 años, ambos sexos.	1 036/4 796	6 años
Kadomatsu. <sup>(3)</sup> 2019	Japón/ asiáticos	Cohorte prospectiva	Edad promedio 51,3 años, ambos sexos.	324/3 936	Media 5 años
Díaz-Gutiérrez. <sup>(21)</sup> 2019	España/españoles	Cohorte prospectiva	18-45 años, ambos sexos.	1 406/14 057	Media 10,2 años
Sylos. <sup>(22)</sup> 2020	Brasil/suramericanos	Cohorte prospectiva	35–74 años, ambos sexos.	1 088/8 027 CD:4 825 CV:3 202	4 años
Wang. <sup>(3)</sup> 2020	China/asiáticos	Cohorte prospectiva	≥18 años, ambos sexos.	1 658/9 034	Media 6 años
Zhao. <sup>(23)</sup> 2021	China/ asiáticos	Cohorte Prospectiva	25-75 años, ambos sexos	29 750 10 650/19 100	NR
Kawasoe. <sup>(3)</sup> 2022	Japón/ asiáticos	Datos de examen médico periódico	30-69 años, ambos sexos	NR/41 902	5 años



Chowdhury. <sup>(24)</sup> 2022	Canadá/caucásicos	Cohorte Prospectiva. Longitudinal	35-69 años, ambos sexos	625/18 322	6 años
Ji. W. <sup>(25)</sup> 2022	China/ asiáticos	Cohorte Prospectiva. Longitudinal	≥ 18 años, ambos sexos	4 287 407 CD: 3 001 185 CV: 857 482	NR

CD: cohorte de derivación; CV: cohorte de validación; NR: no refiere

Con respecto a las variables utilizadas en los modelos clínicos desarrollados, existió más homogeneidad. Las más representativas fueron: la edad, el sexo, PAS, PAD, antecedentes patológicos familiares de hipertensión arterial (APF HTA), índice de masa corporal (IMC) y hábito de fumar. También se tuvieron en cuenta la cintura abdominal (CA), la diabetes mellitus (DM) y la enfermedad cardiovascular prematura (ECV).

Los modelos bioquímicos más frecuentes fueron: glicemia, colesterol, lipoproteínas de baja densidad (LDL), colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL), triglicéridos (TG) y bilirrubina total (Bb); otros incluían variables genéticas, los polimorfismos de nucleótido único (SNP por sus siglas en inglés); estos últimos con menos rendimiento y escasa validación.

Los métodos estadísticos más empleados fueron la regresión logística, la regresión de Cox y de Weibull y técnicas de inteligencia artificial (IA).

En general, los modelos carecían de validación externa, solo en 2 se aplicó y en otros se desconoce o solo se realizó validación interna. (Tabla 2)





**Tabla 2.** Variables estudiadas, métodos estadísticos  
y validación de los modelos de riesgo.

Estudio	Factores de riesgo incluidos	Método estadístico	Validación
Pearson. <sup>(7)</sup> 1990	Edad, PAS, PAD, APF HTA, IMC.	Regresión Cox	NR
Chih-Jung Yeh . <sup>(3)</sup> 2001	Edad, DM, fibrinógeno, tiempo parcial de tromboplastina activado, este último en mujeres.	Regresión Cox	NR
Ture. <sup>(3)</sup> 2005	Edad, sexo, APF HTA, hábito de fumar, LDL, colesterol total, IMC.	Regresión logística.	Interna, muestra Split 3:1
Parikh. <sup>(8)</sup> 2008	Edad, sexo, PAS, PAD, IMC, hábito de fumar, APF HTA.	Regresión Weibull	Interna
Paynter. <sup>(9)</sup> 2009	Edad, etnia, IMC, alimentación en granos, PAS, PAD, TG, colesterol, colesterol HDL	Regresión logística	Interna, muestra Split 2:1
Kivimaki. <sup>(3)</sup> 2009	Edad, sexo, PAS, PAD, IMC, APF HTA, hábito de fumar.	Regresión Weibull	Interna, muestra Split 6:4
Kivimaki. <sup>(10)</sup> 2010	Edad, sexo, PAS, PAD, IMC, APF HTA, hábito de fumar.	Regresión Weibull	Interna, muestra Split 6:4
Kshirsagar. <sup>(11)</sup> 2010	Edad, PAS, PAD, APF HTA, Hábito de fumar, DM, IMC, sexo, actividad física.	Regresión logística	Interna, muestra Split 2:1
Muntner. <sup>(12)</sup> 2010	PAS, PAD, edad.	Medidas Repetidas de Poisson Regresión logística	NR
Bozorgmanesh . <sup>(3)</sup> 2011	En mujeres: edad, CA, PAD, PAS, APF HTA, APF ECV prematura. En hombres: edad, PAS, PAD, hábito de fumar.	Regresión Weibull	NR
Chien. <sup>(13)</sup> 2011	Modelo clínico: edad, IMC, PAS, PAD. Modelo bioanalítico: edad sexo, IMC, PAS, PAD, glicemia, leucograma, ácido úrico.	Regresión Weibull	Interna
Fava. <sup>(3)</sup> 2013	Edad, sexo, IMC, DM, PA, APF HTA, sedentarismo, estado marital, hábito de fumar, SNP.	Regresión logística	NR
Lim. <sup>(3)</sup> 2013	Edad, sexo, hábito de fumar, APF HTA, IMC.	Regresión Weibull	Interna, muestra Split 6:4
Volzke. <sup>(3)</sup> 2013	Edad, PAM, glicemia, albúmina urinaria.	<i>Bayesian networks</i>	Interna (1:1) y externa
Li Guoqi. <sup>(3)</sup> 2014	Edad, PAS, PAD, IMC, APF HTA.	Regresión Logística	NR
Choi. <sup>(14)</sup> 2014	Edad, sexo, hábito de fumar, SNP	Regresión Logística	NR
Yue Qi. <sup>(3)</sup> 2014	9SNP	Regresión Logística	NR
Bum Ju Lee. <sup>(3)</sup> 2014	Altura, edad, pliegue cutáneo,	<i>Bayesian</i>	NR



	Rx tórax, pelvis y cadera.	<i>networks</i>	
Lim. <sup>(15)</sup> 2015	Edad, sexo PAS, PAD, hábito de fumar, APF HTA, IMC, SNP	Regresión Logística	Interna
Otsuka <sup>(16)</sup> . 2015	Edad, sexo, PAS, PAD, hábito de fumar, APF HTA, IMC, alcoholismo.	Regresión de Cox	Interna, muestra Split 4:1
Xiangfeng Lu. <sup>(3)</sup> 2015	edad, sexo, IMC, hábito de fumar, alcoholismo, PAS, PAD, SNP	Regresión Logística	NR
Wenchao Zhang. <sup>(3)</sup> 2015	Marcadores de inflamación, viscosidad sanguínea, resistencia insulina.	Regresión de Cox	NR
Yamakado. <sup>(17)</sup> 2015	Leucina, alanina, tirosina, asparagina, triptofano, y glicina; factor de adherencia plaquetaria	Regresión Logística	NR
Joung-Won Lee. <sup>(3)</sup> 2015	IMC, CA, índice cintura cadera.	Modelo proporcional de Cox	NR
Asgari. <sup>(18)</sup> 2015	Edad, PAS, PAD, glucosa plasmática, CA, estado marital.	Regresión de Cox	NR
Wang. <sup>(3)</sup> 2015	Actividad física, DM, hiperlipemia, edad, estado marital, nivel de escolaridad, peso, altura, sexo, hábito de fumar, alcoholismo.	Regresión Logística	Interna, muestra Split 6:1
Sathish. <sup>(19)</sup> 2016	Edad, sexo, nivel de escolaridad, hábito de fumar, dieta, alcohol, prehipertensión, PAS, obesidad, hiperglicemia.	Regresión Logística	NR
Niiranen. <sup>(3)</sup> 2016	Edad, sexo, hábito de fumar, DM, nivel de escolaridad, hipercolesterolemia, sedentarismo, IMC, SNP.	Regresión logística lineal	NR
Chen. <sup>(3)</sup> 2016	Edad, IMC, PAS, PAD, IMC, GGT, glicemia, colesterol, alcohol, hábito de fumar.	Análisis multivariado de Cox	Interna
Kanegae. <sup>(3)</sup> 2018	Edad, sexo, IMC, PAS, PAD, LDL, ácido úrico, hábito de fumar, proteinuria, consumo de alcohol.	Regresión de Cox	Externa
Wang. <sup>(3)</sup> 2018	Edad, sexo, nivel de escolaridad, estado civil, hábito de fumar, IMC.	Modelo Markov	Validación Temporal
Xu. <sup>(20)</sup> 2019	Edad, sexo, APF HTA, CA, PAD.	Regresión de Cox	Interna en la matriz de prueba, externa en matriz de entrenamiento.
Kadomatsu. <sup>(3)</sup> 2019	Edad, sexo, IMC, hábito de fumar, alcoholismo, APF HTA, PAS, PAD.	Regresión logística	Interna, muestra Split 6:4
Díaz-Gutiérrez. <sup>(21)</sup> 2019	No antecedentes de hábito de fumar, consumo de alcohol,	Regresión de Cox	NR



	dieta mediterránea, actividad física intensa o moderada, IMC normal.		
Sylos. <sup>(22)</sup> 2020	Edad, sexo, nivel educacional, APF HTA, IMC, CA, PAS, PAD, hábito de fumar.	Regresión Logística	Interna, muestra Split 6:4
Wang. <sup>(3)</sup> 2020	Edad, APF HTA, PAS, PAD IMC.	Regresión Logística	Interna, Bootstrap validación
Zhao. <sup>(23)</sup> 2021	Edad, sexo, IMC, APF HTA, ocupación, alcoholismo, hábito de fumar, dieta saludable, actividad física, CA.	Regresión Logística. Curvas COR. Algoritmos de inteligencia artificial	NR
Kawasoe. <sup>(3)</sup> 2022	Edad, sexo, IMC, APF HTA DM, ácido úrico elevado.	Regresión Logística.	NR
Chowdhury. <sup>(24)</sup> 2022	Edad, sexo, PAS, PAD, DM actividad física, ECV prematura,	Modelo multivariado de Cox	NR
Ji. W. <sup>(25)</sup> 2022	Edad, sexo, PAS, PAD, DM, actividad física, ECV prematura, albúmina, Bb total,	Regresión de Lasso	NR

Los modelos de predicción permiten identificar individuos susceptibles a padecer la HA y potenciar acciones de prevención. En este sentido resultan beneficiosos tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud. De acuerdo con los resultados arrojados por los mismos, se pudieran proyectar intervenciones futuras a nivel poblacional.<sup>(3,7,16)</sup>

Las limitaciones de los que ya existen se deben, en gran medida, al análisis de los datos recopilados con el fin de modelizar los riesgos. Así, aumentan las preocupaciones respecto a la integridad y precisión de la medición de los predictores y sus resultados.

Por otra parte, la dicotomización de variables continuas antes del modelado y la exclusión de participantes con valores faltantes, pueden sobreestimar el riesgo ante variables cuantitativas. El número de participantes fue bajo en algunos estudios y pudiera no expresar las verdaderas características de la población general. Gran parte de los datos obtenidos en la medición de la presión arterial, fueron en entornos hospitalarios, lo que pudiera variar los resultados.



El rendimiento aparente puede ser optimista y la validación interna proporciona usuarios con una idea aproximada de qué esperar al aplicar el modelo para sus propias poblaciones.<sup>(3,8,17,25)</sup>

Como se indicó anteriormente, la experiencia acumulada en la aplicación de estos modelos abarca, en su mayoría, a países asiáticos, europeos y americanos con un alto nivel de desarrollo. Ello debe tenerse en cuenta a la hora de aplicarlos en poblaciones distintas; ya que pueden subestimarse o sobreestimarse los factores de riesgo, en cuanto a la selección de predictores o el perfil genético.<sup>(3)</sup>

Los predictores más utilizados, la edad, el IMC, la PAS, la PAD, se obtienen fácilmente en la práctica clínica, por medio del interrogatorio, de medidas antropométricas y factores bioquímicos y otros más complejos que determinan el perfil genético individual. Los modelos clínicos mostraron un mejor rendimiento que los bioquímicos; sin embargo, su unidad condujo, en algunos casos, a disminuir la sensibilidad y especificidad de los modelos, además de resultar poco práctica en poblaciones con disparidad económica, incluso en países desarrollados.<sup>(17,18,21,22,24)</sup>

En varios de ellos pudo constatar que el aumento de glucosa en la sangre, la hiperviscosidad sanguínea, la esclerosis vascular y el aumento de las resistencias periféricas que traen consigo los índices elevados de triglicéridos, colesterol y HDL, contribuyen a elevar la PA. Teniendo en cuenta que la propia HTA constituye un importante factor de riesgo en las enfermedades cardiovasculares, estos indicadores bioquímicos como predictores de la misma, proporcionan una valiosa información.<sup>(9,13,25)</sup>

La DM, como variable de riesgo, fue contradictoria; ya que varios autores refieren su sobreestimación en relación con la HTA; otros destacan su importancia como predictor, al sumar heterogeneidad poblacional sin forzar la entrada al modelo.<sup>(3,8,21)</sup>

La interacción de factores ambientales y genéticos también contribuye al desarrollo de HTA; a partir de aquí se implementaron modelos de riesgo. La



mayoría de los SNP utilizados se obtuvieron de bases de datos genéticas preexistentes o en desarrollo. Los resultados evidenciaron una significativa asociación entre los factores de riesgo genéticos (FRG) y la PA y, contradictoriamente, una incidencia aislada en el desarrollo de hipertensión. No obstante, no variaron significativamente su rendimiento en cuanto a la capacidad de discriminación, al agregar factores epidemiológicos a los modelos.<sup>(3,14,15)</sup>

Algunos autores consideran que el análisis de los FRG estuvo limitado cualitativa y cuantitativamente. Se analiza un sesgo poblacional genéticamente predispuesto; lo cual dificulta la reproducción de estos modelos predictivos en PIBM. Por otra parte, se conoce un reducido número de SNP como predictores la HTA, cuando es esta una enfermedad multigénica.<sup>(14,15)</sup>

Los modelos predictivos de hipertensión constituyen herramientas útiles en los sistemas de salud pública; por lo que es necesaria su implementación en guías de práctica clínica; así como generar más espacios de promoción y prevención. Sin embargo, sus beneficios serían perceptibles si fueran aplicables a distintos tipos de población, mejoraran la toma de decisiones clínicas y se revirtieran en resultados positivos en la salud del paciente.<sup>(3,16,22)</sup>

## CONCLUSIONES

El presente estudio reveló que, a pesar de la utilidad de los modelos predictivos de HTA, estos se hallan todavía en una etapa inicial de desarrollo. La mayoría de los estudios realizados son prospectivos, carecen de validación externa, se enfocan fundamentalmente en el sexo masculino y no le han dado un lugar destacado a los factores genéticos. Por otra parte, se han implementado en países con alto nivel de vida y con una población poco heterogénea; por lo que no son extrapolables a poblaciones con características diferentes. La HTA es la enfermedad de mayor incidencia a nivel mundial, sobre todo en países de bajos



ingresos donde modelos como estos, sin costo económico, pudieran jugar un papel decisivo en la prevención de dicha enfermedad; sin embargo, en la región latinoamericana solo Brasil cuenta con una experiencia de este tipo. Esto constituye, actualmente, un reto para los sistemas de salud pública en los países en vías de desarrollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mancia G, Kreutz R, Brunstrom M, Burnier M, Grassi G, Januszewicz A, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). J Hypertension [Internet]. 2023 [citado 2024 marzo.11];41(12):[cerca de 8 pantallas]. Disponible en:

[https://journals.lww.com/jhypertension/fulltext/2023/12000/2023\\_esh\\_guidelines\\_for\\_the\\_management\\_of\\_arterial.2.aspx](https://journals.lww.com/jhypertension/fulltext/2023/12000/2023_esh_guidelines_for_the_management_of_arterial.2.aspx)

2. Zhou B, Perel P, Mensah JA, Ezzati M. Global epidemiology, health burden and effective interventions for elevated blood pressure and hypertension. Nat Rev Cardiol [Internet]. 2021 [citado 2024 febr. 10];18(11):[cerca de 8 pantallas]. Disponible en:

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8162166/pdf/41569\\_2021\\_Article\\_559.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8162166/pdf/41569_2021_Article_559.pdf)

3. Chowdhury MZI, Naeem I, Quan H, Leung AA, Sikdar KC, O'Beirne M, et al. Prediction of hypertension using traditional regression and machine learning models: A systematic review and meta-analysis. PLoS ONE [Internet]. 2022 [citado 2024 febr. 10];17(4):[cerca de 14 pantallas]. Disponible en:

<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0266334&type=printable>



4. Revueltas-Agüero M, Molina-Esquivel E, Suárez-Medina R, Bonet-Gorbea M, Varona-Pérez P, et al. La hipertensión arterial en Cuba según la Encuesta Nacional de Salud 2018-2019. Arch Méd Camagüey [Internet]. 2022 [citado 2024 marzo. 11];26:e9239. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v26/1025-0255-amc-26-e9239.pdf>
5. Revueltas Agüero M, Molina Esquivel E, Benítez Martínez M, Hinojosa Álvarez MC, Venero Fernández S, Betancourt Bethencourt JA. Caracterización de la prevalencia y mortalidad por hipertensión arterial en Cuba, decenio 2009- 2018. Rev haban cienc méd [Internet]. 2021 [citado 2024 febr. 15];20(2):[cerca de 14 pantallas]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v20n2/1729-519X-rhcm-20-02-e3457.pdf>
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. Syst Rev [Internet]. 2021 [citado 2024 febr. 10];89(2021):[cerca de 12 pantallas]. Disponible en: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-021-01626-4>
7. Pearson TA, La Croix AZ, Mead LA, Liang KY. The prediction of midlife coronary heart disease and hypertension in young adults: The Johns Hopkins multiple risk equations. Am J Prev Med. 1990;6(1):23-8.
8. Parikh NI, Pencina M, Wang TJ, Benjamin EJ, Lanier KJ, Levy D, et al. A Risk Score for Predicting Near-Term Incidence of Hypertension: The Framingham Heart Study. Ann Intern Med [Internet]. 2008 [citado 2024 febr. 10];148:[cerca de 9 pantallas]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Levy-12/publication/5656899\\_A\\_Risk\\_Score\\_for\\_Predicting\\_Near-Term\\_Incidence\\_of\\_Hypertension\\_The\\_Framingham\\_Heart\\_Study/links/5880f545a6fdcc6b790dd222/A-Risk-Score-for-Predicting-Near-Term-Incidence-of-Hypertension-The-Framingham-Heart-Study.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Levy-12/publication/5656899_A_Risk_Score_for_Predicting_Near-Term_Incidence_of_Hypertension_The_Framingham_Heart_Study/links/5880f545a6fdcc6b790dd222/A-Risk-Score-for-Predicting-Near-Term-Incidence-of-Hypertension-The-Framingham-Heart-Study.pdf)



9. Paynter NP, Cook NR, Everett BM, Sesso HD, Buring JE, Ridker PM. Prediction of Incident Hypertension Risk in Women with Currently Normal Blood Pressure. Am J Med [Internet]. 2009 [citado 2024 febr. 10];122(5):[cerca de 8 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2671636/pdf/nihms74114.pdf?tool=EBI>

10. Kivimaki M, Tabak AG, Batty D, Ferrie JE, Nabi H, Marmot MG, et al. Incremental Predictive Value of Adding Past Blood Pressure Measurements to the Framingham Hypertension Risk Equation. Hypertension [Internet]. 2010 [citado 2024 febr. 15];55:[cerca de 5 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2862166/pdf/nihms181082.pdf>

11. Kshirsagar A, Chiu Y, Bombback AS, August PA, Viera AJ, RE Colindres, et al. A Hypertension Risk Score for Middle-Aged and Older Adults. J Clin Hypertens (Greenwich) [Internet]. 2010 [citado 2024 febr. 15];12(10):[cerca de 8 pantallas]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3683833/>

12. Muntner P, Woodward M, Mann DM, Shimbo D, Michos ED, RS Blumenthal, et al. Comparison of the Framingham Heart Study Hypertension Model With Blood Pressure Alone in the Prediction of Risk of Hypertension. The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. Hypertension [Internet]. 2010 [citado 2024 febr. 15];55:[cerca de 7 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3023992/pdf/nihms203482.pdf>

13. Chien KL, Hsu HS, Su TC, Chang WT, Sung FC, MF Chen, et al. Prediction models for the risk of new-onset hypertension in ethnic Chinese in Taiwan. J Human Hypertension [Internet]. 2010 [citado 2024 febr. 15]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Ta-Chen-Su/publication/45102266\\_Prediction\\_models\\_for\\_the\\_risk\\_of\\_new-onset\\_hypertension\\_in\\_ethnic\\_Chinese\\_in\\_Taiwan/links/5416c3760cf2bb7347db6fc8/Prediction-models-for-the-risk-of-new-onset-hypertension-in-ethnic-Chinese-in-Taiwan.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ta-Chen-Su/publication/45102266_Prediction_models_for_the_risk_of_new-onset_hypertension_in_ethnic_Chinese_in_Taiwan/links/5416c3760cf2bb7347db6fc8/Prediction-models-for-the-risk-of-new-onset-hypertension-in-ethnic-Chinese-in-Taiwan.pdf)





14. Choi YH, Chowdhury R, Swaminathan B. Prediction of hypertension based on the genetic analysis of longitudinal phenotypes: a comparison of different modeling approaches for the binary trait of hypertension. BMC Proceedings [Internet]. 2014 [citado 2024 febr. 15];8(1):[cerca de 6 pantallas]. Disponible en:

<https://bmcproc.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1753-6561-8-S1-S78.pdf>

15. Lim NY, Lee JY, Lee JY, Park HY, Cho MC. The Role of Genetic Risk Score in Predicting the Risk of Hypertension in the Korean population: Korean Genome and Epidemiology Study. PLoS ONE [Internet]. 2015 [citado 2024 en. 30];10(6):[cerca de 11 pantallas]. Disponible en:

<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0131603&type=printable>

16. Otsuka T, Kachi Y, Takada H, Kato K, Kodani E, Ch Ibuki, et al. Development of a risk prediction model for incident hypertension in a working-age Japanese male population. Hypertension Research [Internet]. 2015 [citado 2024 en. 30];38:[cerca de 7 pantallas]. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/hr2014159.pdf>

17. Yamakado M, Nagao K, Imaizumi A, Tani M, Toda A, T Tanaka, et al. Plasma Free Amino Acid Profiles Predict Four-Year Risk of Developing Diabetes, Metabolic Syndrome, Dyslipidemia, and Hypertension in Japanese Population. Scientific Reports [Internet]. 2015 [citado 30 enero 2024];5(11918):[cerca de 12 pantallas]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/srep11918>

18. Asgari S, Khalili D, Mehrabi Y, Kazempour Ardebili S, Azizi F, Farzad Hadaegh. Incidence and risk factors of isolated systolic and diastolic hypertension: a 10 year follow-up of the Tehran Lipids and Glucose Study. Blood Pressure [Internet]. 2016 [citado 2024 en. 30];25(3):[cerca de 7 pantallas]. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3109/08037051.2015.1116221?needAccess=true>



19. Sathish T, Kannan S, Sarma S, Razum O, Gay Thrift A, KR Thankappan. A Risk Score to Predict Hypertension in Primary Care Settings in Rural India. Asia Pac J Public Health [Internet]. 2016 [citado 2024 marzo. 20];28(1):[cerca de 6 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4724234/pdf/nihms727184.pdf>

20. Xu F, Zhu J, Sun N, Wang L, Xie CH. Development and validation of prediction models for hypertension risks in rural Chinese populations. J Global Health [Internet]. 2019 [citado 2024 marzo. 20];9(2):[cerca de 10 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6875679/pdf/jogh-09-020601.pdf>

21. Díaz-Gutiérrez J, Ruiz-Estigarribia L, Bes-Rastrollo M, Ruiz-Canela M, Martin-Moreno JM, Martínez-González MA. The role of lifestyle behaviour on the risk of hypertension in the SUN cohort: The hypertension preventive score. Preventive Medicine [Internet]. 2019 [citado 2024 marzo. 20];123:[cerca de 8 pantallas]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0091743519301021?via%3Dihub>

22. Syllos DH, Calsavara VF, Bensenor IM, Lotufo PA. Validating the Framingham Hypertension Risk Score: A 4-year follow-up from the Brazilian Longitudinal Study of the Adult Health (ELSA-Brasil). J Clin Hypertens [Internet]. 2020 [citado 2024 marzo. 2024];22(5):[cerca de 7 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8029849/pdf/JCH-22-850.pdf>

23. Zhao H, Zhang X, Xu Y, Gao L, Ma Z, Sun Y. Predicting the Risk of Hypertension Based on Several Easy-to-Collect Risk Factors: A Machine Learning Method. Public Health [Internet]. 2021 [citado 2024 marzo. 20];9:[cerca de 11 pantallas]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8497705/pdf/fpubh-09-619429.pdf>



24. Chowdhury MZ, Leung AA, Sikdar KC, O'Beirne M, Quan H, Turin TC. Development and validation of a hypertension risk prediction model and construction of a risk score in a Canadian population. Scientific Reports [Internet]. 2022 [citado 2024 mrzo. 20];12(12780):[cerca de 12 pantallas]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-16904-x>

25. Ji W, Zhang Y, Cheng Y, Wang Y, Zhou Y. Development and validation of prediction models for hypertension risks: A cross-sectional study based on 4,287,407 participants. Front Cardiovasc Med [Internet]. 2022 [citado 2024 mrzo. 20];9:[cerca de 12 pantallas]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcvm.2022.928948/full#supplementary-material>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

