

\*Especialista en Medicina Familiar y en Epidemiología. Magíster en Reumatología, Magíster en Cardiología y Magíster en Inteligencia Artificial para la Salud. Docente, Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia. \*\* Médico General, Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia. \*\*\*Médico Internista, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. \*\*\*\* Médico Internista, Universidad Industrial de Santander (UIS). Docente, Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Bucaramanga, Colombia. \*\*\*\*\* Médico, Magíster en Epidemiología. Docente, Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia. \*\*\*\*\*Especialista en Medicina Interna, Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Bucaramanga, Colombia. \*\*\*\*\* Médico, egresado de la Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia.

**Recibido:** 09-12-2025

**Aceptado:** 25-05-2026

**Correspondencia:**

Dr. Juan Sebastián Therán-León.

**Correo electrónico:**

jtheran554@unab.edu.co

**Financiamiento**

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

**Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

El presente es un artículo *open access* bajo licencia:

**CC BY-NC-ND**

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\*ORCID: 0000-0002-4742-0403

\*\*ORCID: 0009-0001-5758-5965

\*\*\*ORCID: 0000-0001-9306-0413

\*\*\*\*ORCID: 0000-0002-1103-9598

\*\*\*\*\*ORCID: 0000-0003-3850-3626

\*\*\*\*\*ORCID: 0000-0003-4735-

9005

\*\*\*\*\*ORCID: 0009-0002-1032-

1564

**Puntos clave**

*FamilyComorbid AI* es la primera herramienta que integra evidencia de SGLT2i, GLP-1 RA y finerenona en un modelo unificado de predicción de riesgo cardiovascular.

## FamilyComorbid AI: herramienta Web de apoyo a la decisión clínica para predicción de riesgo cardiovascular en pacientes con diabetes tipo 2 y multimorbilidad

### FamilyComorbid AI: a Web-Based Clinical Decision Support Tool for Cardiovascular Risk Prediction in Patients with Type 2 Diabetes and Multimorbidity

*FamilyComorbid AI: Uma ferramenta de apoio à decisão clínica baseada na web para prever o risco cardiovascular em pacientes com diabetes tipo 2 e multimorbidade*

Juan Sebastián Therán-León,\* Jorge Andrés Hernández-Navas,\*\* Luis Andrés Dulcey-Sarmiento,\*\*\* Jaime Alberto Gómez-Ayala,\*\*\*\* Harold Torres-Pinzón\*\*\*\*\* Alberto Rodríguez-Wiston,\*\*\*\*\* Carlos Arenas-Molina.\*\*\*\*\*

DOI: 10.62514/amf.v28i3.256

#### Resumen

**Objetivo:** Desarrollar y validar una herramienta Web de apoyo a la decisión clínica (*FamilyComorbid AI*) que integre multiplicadores de riesgo y factores protectores basados en evidencia para proporcionar estimaciones personalizadas de riesgo cardiovascular y recomendaciones terapéuticas para atención primaria. **Métodos:** Los multiplicadores de riesgo y factores protectores se derivaron de ensayos clínicos aleatorizados pivotaes y meta-análisis (EMPA-REG OUTCOME, CREDENCE, LEADER, SUSTAIN-6, REWIND, FIDELIO-DKD, FIGARO-DKD, CTT Collaboration). Se implementó un modelo multiplicativo mediante una aplicación Web progresiva con frontend en: React.js y backend en Node.js. La validez de contenido se evaluó mediante panel de expertos (n=7) y la usabilidad mediante la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) con médicos de atención primaria (n=24). **Resultados:** La herramienta incorpora seis multiplicadores de riesgo y ocho intervenciones protectoras. El panel de expertos alcanzó consenso del 100% en validez de contenido. La puntuación media del SUS fue 82.4 (DE 8.7), indicando usabilidad excelente. El tiempo promedio de cálculo fue 47 segundos. Los usuarios reportaron alta satisfacción con la comunicación visual del riesgo (4.6/5) y las recomendaciones terapéuticas (4.5/5). **Conclusiones:** *FamilyComorbid AI* proporciona una herramienta accesible y basada en evidencia para estratificación de riesgo cardiovascular en pacientes con diabetes y multimorbilidad. El enfoque multiplicativo permite cuantificar tanto la carga de riesgo como el beneficio terapéutico, facilitando la toma de decisiones compartida en atención primaria.

**Palabras clave:** Factores Protectores, Sistemas de Apoyo a Decisiones Clínicas, Atención Primaria de Salud

#### Abstract

**Objective:** To develop and validate a web-based clinical decision support tool (*FamilyComorbid AI*) that integrates evidence-based risk multipliers and protective factors to provide personalized cardiovascular risk estimates and therapeutic recommendations for primary care. **Methods:** Risk multipliers and protective factors were derived from pivotal randomized clinical trials and meta-analyses (EMPA-REG OUTCOME, CREDENCE, LEADER, SUSTAIN-6, REWIND, FIDELIO-DKD, FIGARO-DKD, CTT Collaboration). A multiplicative model was implemented using a progressive web app with a React.js frontend and a Node.js backend. Content validity was assessed by an expert panel (n=7), and usability was evaluated using the System Usability Scale (SUS) with primary care physicians (n=24). **Results:** The tool incorporates six risk multipliers and eight protective interventions. The expert panel reached a 100% consensus on content validity. The mean SUS score was 82.4 (SD 8.7), indicating excellent usability. The average calculation time was 47 seconds. Users reported high satisfaction with the visual communication of risk (4.6/5) and the therapeutic recommendations (4.5/5). **Conclusions:** *FamilyComorbid AI* provides an accessible, evidence-based tool for cardiovascular risk stratification in patients with diabetes and multimorbidity.

**Keywords:** Protective Factors, Decision Support Systems Clinical, Primary Health Care

#### Resumo

**Objetivo:** Desenvolver e validar uma ferramenta de apoio à decisão clínica baseada na web (*FamilyComorbid AI*) que integra multiplicadores de risco e fatores de proteção baseados em evidências para

El modelo multiplicativo permite visualizar dinámicamente cómo cada intervención modifica el riesgo del paciente individual.

La puntuación de usabilidad (SUS 82.4) indica excelente facilidad de uso para médicos de atención primaria.

La herramienta es gratuita, no requiere registro, funciona sin conexión y está disponible en español, inglés y portugués.

Se incluye algoritmo de decisión terapéutica interactivo basado en guías ESC 2023 y ADA 2024.

#### Acceso libre:

<https://unique-cheesecake-bca1of.netlify.app/>

#### Acceso a la herramienta:

<https://unique-cheesecake-bca1of.netlify.app/> Gratuito

- Sin registro
- Funciona offline
- Español/Inglés/Portugués

proporcionar estimativas personalizadas de riesgo cardiovascular e recomendações terapêuticas para cuidados primários. **Métodos:** Os multiplicadores de risco e os fatores de proteção foram derivados de ensaios clínicos randomizados fundamentais e meta-análises (EMPA-REG OUTCOME, CREDENCE, LEADER, SUSTAIN-6, REWIND, FIDELIO-DKD, FIGARO-DKD, Colaboração CTT). Um modelo multiplicativo foi implementado usando um aplicativo web progressivo com um frontend em React.js e um backend em Node.js. A validade de conteúdo foi avaliada por um painel de especialistas (n=7) e a usabilidade foi avaliada utilizando a Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) com médicos de atenção primária (n=24). **Resultados:** A ferramenta incorpora seis multiplicadores de risco e oito intervenções de proteção. O painel de especialistas chegou a um consenso de 100% sobre a validade do conteúdo. A pontuação média do SUS foi de 82,4 (DP 8,7), indicando excelente usabilidade. O tempo médio de cálculo foi de 47 segundos. Os usuários relataram alta satisfação com a comunicação visual do risco (4,6/5) e com as recomendações terapêuticas (4,5/5). **Conclusões:** O FamilyComorbid AI oferece uma ferramenta acessível e baseada em evidências para a estratificação do risco cardiovascular em pacientes com diabetes e multimorbidade. A abordagem multiplicativa permite a quantificação tanto do risco quanto do benefício terapêutico, facilitando a tomada de decisão compartilhada na atenção primária. The multiplicative approach allows for the quantification of both the risk burden and the therapeutic benefit, facilitating shared decision-making in primary care.

**Palavras-chave:** Fatores de Proteção, Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas, Atenção Primária à Saúde

#### Introducción

La enfermedad cardiovascular constituye la principal causa de morbilidad en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Las calculadoras de riesgo tradicionales como Framingham y SCORE fueron desarrolladas en cohortes predominantemente caucásicas de Estados Unidos y Europa, con escasa representación de poblaciones latinoamericanas. Estas herramientas subestiman sistemáticamente el riesgo cardiovascular en pacientes con diabetes, con estudios de validación en México, Brasil y Colombia que reportan subestimaciones del 20-40%<sup>1,2</sup> en comparación con el riesgo observado. Además, estas calculadoras no fueron diseñadas para capturar la complejidad de la multimorbilidad: la presencia simultánea de múltiples condiciones crónicas genera interacciones fisiopatológicas que amplifican el riesgo más allá de la suma de factores individuales.

Herramientas específicas como UKPDS Risk Engine<sup>3</sup> y el reciente SCORE2-Diabetes<sup>4</sup> han mejorado

la estimación al incorporar variables específicas de diabetes, pero comparten una limitación crítica: no incorporan los beneficios cuantificados de las terapias cardioprotectoras modernas. La última década ha sido testigo de un cambio de paradigma en el manejo de la diabetes con la aparición de los inhibidores SGLT2 (empagliflozina, canagliflozina, dapagliflozina), los agonistas del receptor GLP-1 (liraglutida, semaglutida, dulaglutida) y el antagonista no esteroideo del receptor de mineralocorticoides finerenona. Estudios pivotales como EMPA-REG OUTCOME,<sup>5</sup> CREDENCE,<sup>6</sup> LEADER,<sup>7</sup> SUSTAIN-6,<sup>8</sup> REWIND,<sup>9</sup> FIDELIO-DKD,<sup>10</sup> y FIGARO-DKD,<sup>11</sup> han demostrado reducciones significativas en eventos cardiovasculares adversos mayores (MACE), hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca y progresión renal. Simultáneamente, estudios observacionales han identificado multiplicadores de riesgo que incrementan sustancialmente el riesgo cardiovascular más allá de los factores tradicionales. La duración de diabetes mayor a 10 años,<sup>12</sup> el tabaquismo activo,<sup>13</sup> y la presencia de múltiples comorbilidades<sup>14</sup> se asocian con *hazard ratios* que oscilan entre 1.44 y 2.72. Las calculadoras actuales no capturan adecuadamente estos efectos multiplicativos.

Los médicos de atención primaria enfrentan un desafío complejo: integrar información de múltiples ensayos clínicos para proporcionar estimaciones de riesgo personalizadas y recomendaciones terapéuticas. La carga cognitiva de aplicar *hazard ratios* de diferentes estudios durante encuentros clínicos es sustancial. Los sistemas de apoyo a la decisión clínica (SADC) han demostrado mejorar la adherencia a guías y los desenlaces clínicos en prevención cardiovascular, pero existe una necesidad insatisfecha de herramientas accesibles que traduzcan la evidencia de ensayos clínicos a la práctica de atención primaria, particularmente en contextos con recursos limitados como Latinoamérica.

El objetivo de este estudio fue desarrollar y validar una herramienta web de apoyo a la decisión clínica (FamilyComorbid AI) que integre multiplicadores de riesgo y factores protectores basados en evidencia para proporcionar estimaciones personalizadas de riesgo cardiovascular en pacientes con DM2 y multimorbilidad.

#### Métodos

Se realizó un estudio de desarrollo y validación en tres fases: (1) síntesis de evidencia y desarrollo del algoritmo, (2) implementación técnica, y (3) validación y pruebas de usabilidad. El estudio se condujo en la Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia, entre enero y octubre de 2025.

### Fase 1: Síntesis de evidencia y desarrollo del algoritmo

Se realizó una búsqueda sistemática en *PubMed*, *Cochrane Library* y *ClinicalTrials.gov* para identificar ensayos clínicos aleatorizados pivotaes y meta-análisis que reportaran *hazard ratios* para desenlaces cardiovasculares y renales en DM2. Los criterios de inclusión fueron: tamaño de muestra >1,000, seguimiento >2 años, reporte de *hazard ratios* con intervalos de confianza del 95% y desenlaces clínicos duros (MACE, muerte cardiovascular, hospitalización por insuficiencia cardíaca, progresión renal). El modelo de riesgo multiplicativo se desarrolló asumiendo que los factores de riesgo y los factores protectores actúan independientemente. Esta suposición está respaldada por análisis de interacción preespecificados de los ensayos pivotaes: en EMPA-REG OUTCOME<sup>5</sup> el beneficio de empagliflozina fue consistente independientemente de la edad, duración de la diabetes, función renal basal o uso concomitante de estatinas (p de interacción >0.05 para todas las comparaciones). Similares hallazgos se reportaron en LEADER,<sup>7</sup> SUSTAIN-6,<sup>8</sup> y FIDELITY<sup>15</sup> donde no se identificaron interacciones significativas entre el efecto del tratamiento y las características basales del paciente. El meta-análisis de la CTT Collaboration<sup>16</sup> también demostró beneficios proporcionales de estatinas a través de múltiples subgrupos de riesgo. El modelo calcula el riesgo ajustado como: Riesgo Ajustado = Riesgo Basal ×  $\Pi$ (Multiplicadores) ×  $\Pi$ (Factores Protectores).

**Tabla I. Fuentes de evidencia para multiplicadores de riesgo y factores protectores**

| Factor                           | HR   | IC 95%    | Fuente      | Desenlace     |
|----------------------------------|------|-----------|-------------|---------------|
| <b>MULTIPLICADORES DE RIESGO</b> |      |           |             |               |
| DM >10 años                      | 1.44 | 1.32-1.57 | UK Biobank  | ECV           |
| Fumador activo                   | 1.70 | 1.30-2.20 | MESA        | ECV           |
| ≥3 comorbilidades                | 2.72 | 1.81-4.08 | Nunes MA    | Mortalidad    |
| <b>FACTORES PROTECTORES</b>      |      |           |             |               |
| Empagliflozina                   | 0.86 | 0.74-0.99 | EMPA-REG    | MACE          |
| Semaglutida                      | 0.74 | 0.58-0.95 | SUSTAIN-6   | MACE          |
| Liraglutida                      | 0.87 | 0.78-0.97 | LEADER      | MACE          |
| Finerenona                       | 0.86 | 0.78-0.95 | FIDELITY    | MACE          |
| Estatina alta int.               | 0.68 | 0.65-0.71 | CTT         | Eventos vasc. |
| Cesación tabáquica               | 0.61 | 0.49-0.76 | Duncan/JAMA | ECV           |

DM: diabetes mellitus. ECV: enfermedad cardiovascular.

MACE: eventos cardiovasculares adversos mayores. MA: meta-análisis.

### Fase 2: Implementación técnica

La herramienta se desarrolló como una aplicación web progresiva (PWA) para garantizar accesibilidad

en múltiples dispositivos y funcionalidad offline. El frontend se construyó con React.js y componentes de Material-UI para diseño responsivo. El motor de cálculo se implementó en JavaScript con validación del lado del servidor mediante Node.js. No se almacenan datos de pacientes; todos los cálculos se realizan del lado del cliente para garantizar cumplimiento de privacidad. El diagrama de flujo del algoritmo se presenta en la Figura I y una captura de pantalla de la interfaz en la Figura II.

#### Características principales

- **Entrada de riesgo basal:** Permite ingresar riesgo precalculado de Framingham, SCORE2-Diabetes o UKPDS, o usar estimación simplificada incorporada.
- **Selección de multiplicadores:** Casillas interactivas para duración de diabetes, tabaquismo, conteo de comorbilidades, estadio de ERC, albuminuria e historia de IC.
- **Selección de intervenciones:** Menús desplegables para SGLT2i, GLP-1 RA, finerenona, intensidad de estatina y estado de cesación tabáquica.
- **Visualización del riesgo:** Pictogramas de 100 personas, gráficos de barras comparando riesgo no ajustado vs ajustado, reducción absoluta del riesgo (RAR) y número necesario a tratar (NNT).
- **Algoritmo terapéutico:** Árbol de decisión interactivo basado en guías ESC 2023<sup>17</sup> y ADA 2024<sup>18</sup> con recomendaciones paso a paso.
- **Resumen imprimible:** PDF de una página para educación del paciente y documentación en historia clínica.
- **Enlaces a evidencia:** Cada *hazard ratio* tiene hipervínculo a la publicación fuente mediante DOI.

### Fase 3: Validación y pruebas de usabilidad

#### Revisión por panel de expertos (validez de contenido)

Un panel de siete clínicos (tres especialistas en medicina interna, dos médicos de atención primaria, un médico familiar y un epidemiólogo clínico) revisaron la herramienta para validez de contenido. Los miembros del panel calificaron independientemente: (1) precisión de los *hazard ratios*, (2) pertinencia de las fuentes, (3) relevancia clínica de los resultados, y (4) alineación con guías actuales. El consenso se definió como acuerdo ≥6/7.

#### Pruebas de usabilidad

Veinticuatro médicos de atención primaria de Bucaramanga, Colombia participaron en las pruebas de usabilidad. El tamaño muestral se determinó

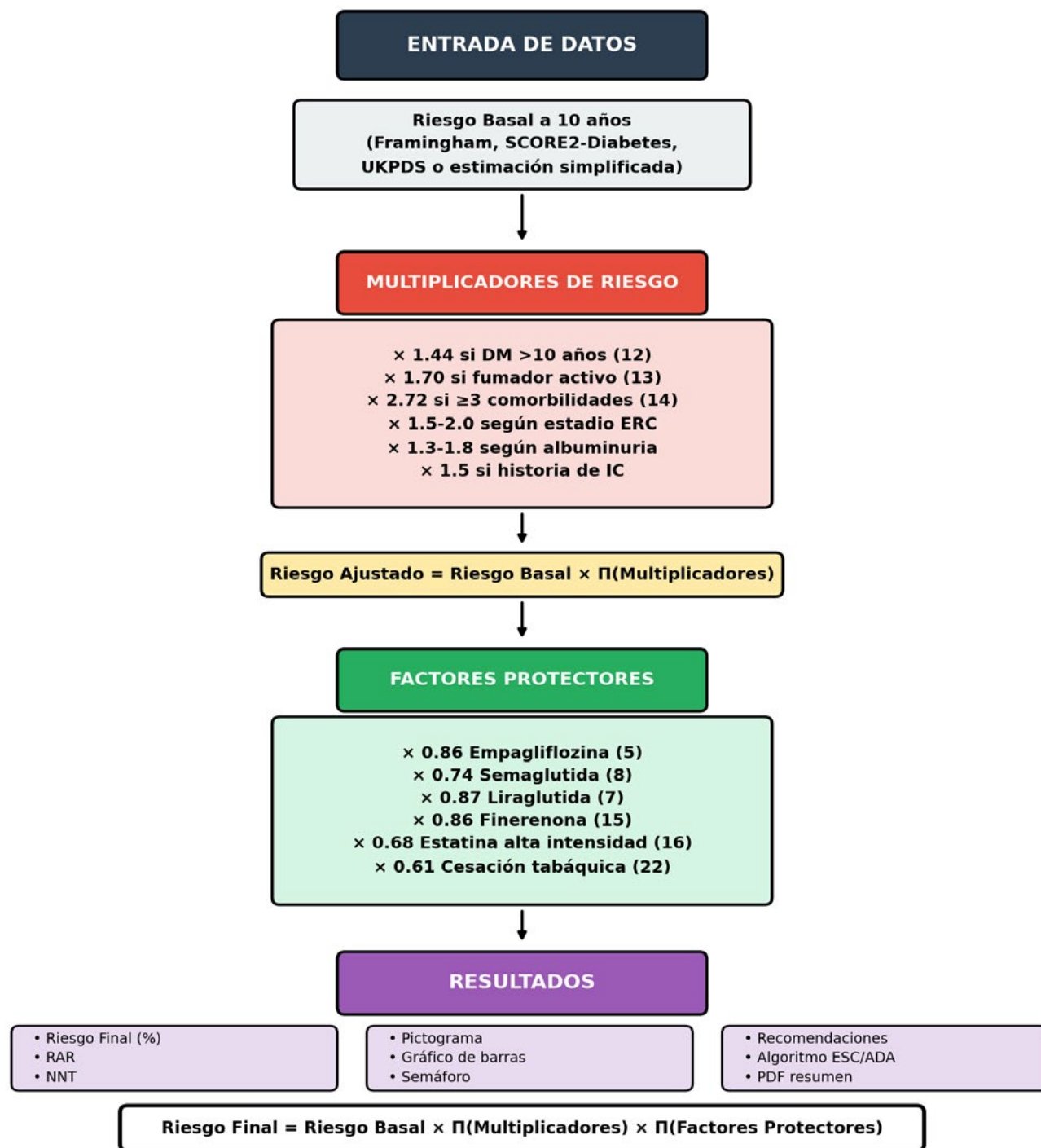
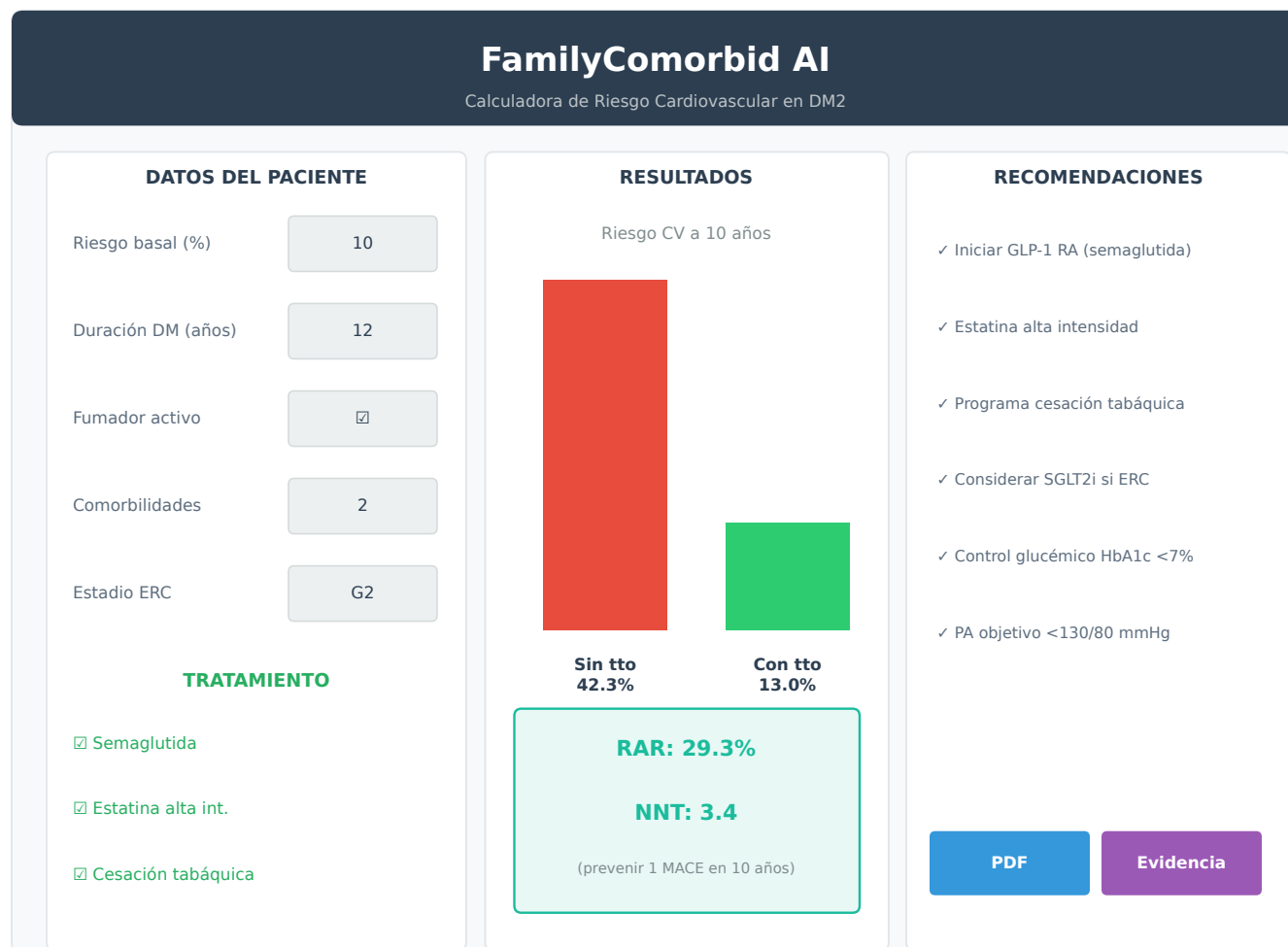
Figura I. Diagrama de flujo del algoritmo de *FamilyComorbid AI*

Figura II. Captura de pantalla de la interfaz de *FamilyComorbid AI*

siguiendo las recomendaciones de Nielsen y Landauer<sup>19</sup> quienes demostraron que 20-25 participantes permiten detectar aproximadamente el 95% de los problemas de usabilidad en sistemas iterativamente diseñados. Adicionalmente, Tullis y Stetson<sup>20</sup> establecieron que se requieren mínimo 12-14 participantes para obtener puntuaciones SUS estables con intervalos de confianza aceptables. Cada participante completó tres escenarios clínicos estandarizados usando la herramienta y posteriormente completó la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), un cuestionario validado de 10 ítems puntuado de 0 a 100. Se incluyeron preguntas adicionales para evaluar satisfacción con características específicas en escala Likert de 5 puntos. Se registró el tiempo de completación para cada escenario.

#### Consideraciones éticas

Los participantes en pruebas de usabilidad proporcionaron consentimiento informado por escrito. No

se recolectaron datos de pacientes; todos los escenarios clínicos usaron pacientes ficticios. La herramienta no almacena ninguna información de usuarios o pacientes.

#### Resultados

La herramienta final incorporó seis multiplicadores de riesgo y ocho intervenciones protectoras derivadas de 14 ensayos clínicos pivotaes y meta-análisis (Tabla I). El algoritmo multiplicativo permite calcular el riesgo cardiovascular personalizado a 10 años basado en el riesgo basal especificado por el usuario y los factores seleccionados. La comparación de *FamilyComorbid AI* con las herramientas de predicción de riesgo existentes se presenta en la Tabla II, y sus características y especificaciones técnicas en la Tabla III.

**Revisión del panel de expertos:** El panel de expertos alcanzó consenso del 100% (7/7) en: precisión de

Tabla II. Comparación de *FamilyComorbid AI* con herramientas de predicción de riesgo existentes

| Característica                                 | FamilyComorbid AI | SCORE2-Diabetes | UKPDS Risk Engine | Framingham | ACC/AHA PCE |
|------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------|-------------|
| <b>FACTORES DE RIESGO TRADICIONALES</b>        |                   |                 |                   |            |             |
| Edad, sexo, PA, colesterol                     | ✓                 | ✓               | ✓                 | ✓          | ✓           |
| Tabaquismo                                     | ✓                 | ✓               | ✓                 | ✓          | ✓           |
| <b>VARIABLES ESPECÍFICAS DE DIABETES</b>       |                   |                 |                   |            |             |
| Duración de diabetes                           | ✓                 | ✓               | ✓                 | ×          | ×           |
| HbA1c                                          | Opcional          | ✓               | ✓                 | ×          | ×           |
| TFGe / Función renal                           | ✓                 | ✓               | ×                 | ×          | ×           |
| Albuminuria                                    | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| Multimorbilidad (conteo)                       | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| <b>MODELADO DE INTERVENCIONES TERAPÉUTICAS</b> |                   |                 |                   |            |             |
| Beneficio de estatinas                         | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ✓           |
| <b>Beneficio de SGLT2i</b>                     | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| <b>Beneficio de GLP-1 RA</b>                   | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| <b>Beneficio de finerenona</b>                 | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| Beneficio de cesación tabáquica                | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA</b>       |                   |                 |                   |            |             |
| Visualización gráfica del riesgo               | ✓                 | Limitada        | ×                 | ×          | Limitada    |
| Algoritmo de decisión terapéutica              | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| Funcionalidad offline                          | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | ×           |
| Disponible en español                          | ✓                 | ×               | ×                 | ×          | Parcial     |
| Gratuito y sin registro                        | ✓                 | ✓               | Registro          | ✓          | ✓           |
| Última actualización                           | 2025              | 2023            | 2013              | 2008       | 2018        |

PA: presión arterial. TFGe: tasa de filtración glomerular estimada. SGLT2i: inhibidores del cotransportador sodio-glucosa tipo 2. GLP-1 RA: agonistas del receptor del péptido similar al glucagón tipo 1. ACC/AHA PCE: American College of Cardiology/American Heart Association Pooled Cohort Equations. ✓ = incluido. × = no incluido.

los *hazard ratios* respecto a las publicaciones fuente, pertinencia de las fuentes de evidencia (todas de revistas de alto impacto), y alineación con guías ESC 2023 y ADA 2024. Se sugirieron modificaciones menores respecto a la presentación de intervalos de confianza y la inclusión de advertencias de seguridad para finerenona (monitoreo de potasio). Estos cambios se implementaron antes de las pruebas de usabilidad.

**Pruebas de usabilidad:** Veinticuatro médicos de atención primaria completaron las pruebas de usabilidad. Características demográficas: edad media 38.4 años (DE 8.2), 54% mujeres, experiencia clínica media 9.6 años (DE 6.4). Todos los participantes completaron exitosamente los tres escenarios clínicos. (Tabla IV)

SUS: System Usability Scale. DE: desviación estándar. Puntuación SUS >80 se considera excelente (Grado A) según criterios de Bangor et al.<sup>21</sup>

### Ejemplo clínico

Para ilustrar la funcionalidad, considere una mujer de 58 años con DM2 de 12 años de evolución, fumadora activa, hipertensión no controlada, y riesgo basal a 10 años del 10%. Usando *FamilyComorbid AI*:

**Paso 1 - Multiplicadores:**  $10\% \times 1.44$  (DM >10 años)  $\times 1.70$  (fumadora)  $\times 1.73$  (2 comorbilidades) = **42.3%**

**Paso 2 - Protectores:**  $42.3\% \times 0.74$  (semaglutida)  $\times 0.68$  (estatina)  $\times 0.61$  (cesación)<sup>22</sup> = **13.0%**

**Resultado:** RAR = 29.3 puntos porcentuales, NNT = 3.4 para prevenir un MACE en 10 años. El pictograma correspondiente a este ejemplo se presenta en la Figura III.

**Tabla III. Características y especificaciones técnicas de *FamilyComorbid AI***

| Característica                   | Especificación                                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Plataforma</b>                | Aplicación Web Progresiva (PWA)                                   |
| <b>Framework frontend</b>        | React.js 18.2 con Material-UI 5.14                                |
| <b>Backend</b>                   | Node.js 20 LTS (solo validación)                                  |
| <b>Idiomas disponibles</b>       | Español (primario), inglés, portugués                             |
| <b>Multiplicadores de riesgo</b> | 6 (duración DM, tabaquismo, comorbilidades, ERC, albuminuria, IC) |
| <b>Factores protectores</b>      | 8 (3 SGLT2i, 3 GLP-1 RA, finerenona, estatinas, cesación)         |
| <b>Salidas visuales</b>          | Pictogramas, gráficos de barras, RAR, NNT, semáforo de riesgo     |
| <b>Almacenamiento de datos</b>   | Ninguno (todos los cálculos son del lado del cliente)             |
| <b>Costo</b>                     | <b>Gratuito, acceso abierto</b>                                   |

**Tabla IV. Resultados de las pruebas de usabilidad (n=24)**

| Métrica                                                     | Resultado                  |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Puntuación SUS (Escala de Usabilidad del Sistema)           | <b>82.4 (DE 8.7)</b>       |
| Interpretación SUS                                          | <b>Excelente (Grado A)</b> |
| Tiempo promedio por escenario                               | 47 segundos (DE 12)        |
| Tasa de completación de tareas                              | 100%                       |
| <b>Satisfacción con características (escala Likert 1-5)</b> |                            |
| Comunicación visual del riesgo                              | 4.6 (DE 0.5)               |
| Recomendaciones terapéuticas                                | 4.5 (DE 0.6)               |
| Transparencia de la evidencia (enlaces a fuentes)           | 4.7 (DE 0.5)               |
| Probabilidad general de uso en la práctica                  | 4.5 (DE 0.6)               |

## Discusión

**Hallazgos principales:** *FamilyComorbid AI* representa un enfoque novedoso para la comunicación del riesgo cardiovascular. A diferencia de las calculadoras existentes que proporcionan estimaciones estáticas, esta herramienta permite visualización dinámica de cómo intervenciones específicas modifican el riesgo. La puntuación SUS de 82.4 indica usabilidad excelente.

**Comparación con herramientas existentes:** Como se evidencia en la Tabla II, *FamilyComorbid AI* es la única herramienta que integra modelado de beneficio de SGLT2i, GLP-1 RA y finerenona.

SCORE2-Diabetes<sup>4</sup> incorpora variables específicas de la diabetes pero no modela intervenciones. UKPDS Risk Engine<sup>3</sup> es anterior a los agentes cardioprotectores modernos. Las *Pooled Cohort Equations* de ACC/AHA<sup>23</sup> permiten estimar beneficio de las estatinas pero no de las nuevas terapias. Esta capacidad de cuantificar el impacto de intervenciones específicas representa la principal innovación de *FamilyComorbid AI*.

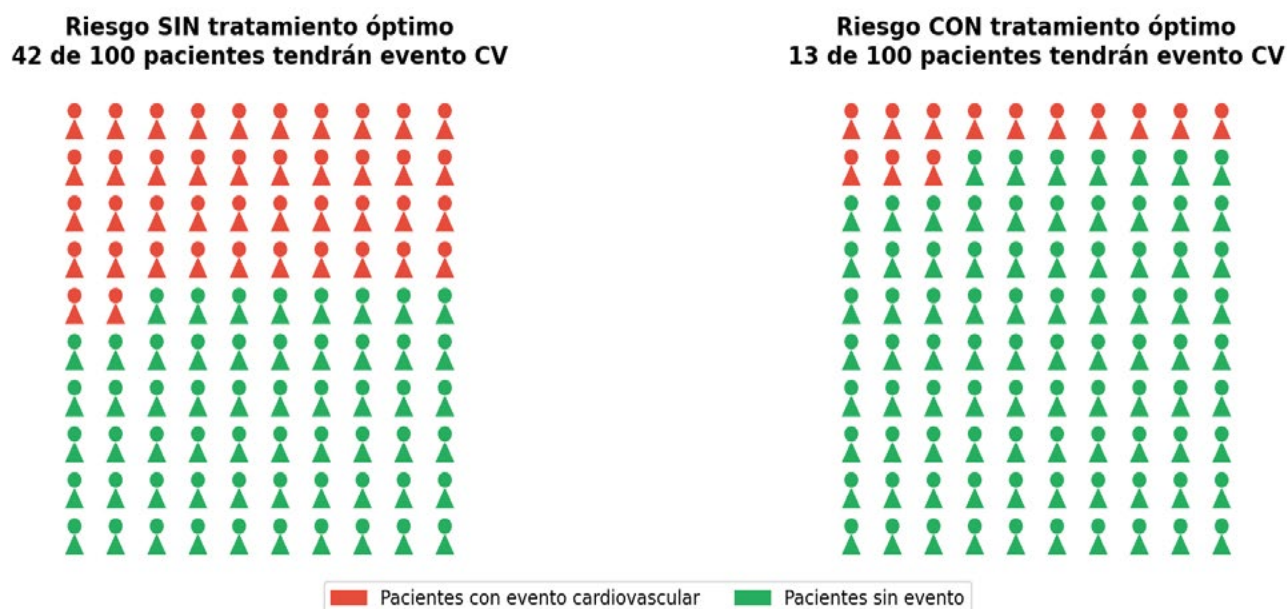
**Limitaciones:** El modelo multiplicativo asume independencia entre factores, aunque los análisis de interacción de los ensayos pivotaes respaldan esta aproximación. Los *hazard ratios* de ensayos pueden no traducirse directamente a diferentes poblaciones: los ensayos EMPA-REG OUTCOME<sup>5</sup>, LEADER<sup>7</sup> y SUSTAIN-6<sup>8</sup> incluyeron solo 6-9% de participantes latinoamericanos, lo que limita la generalizabilidad directa de los resultados. Sin embargo, los análisis de subgrupos geográficos disponibles (particularmente de REWIND<sup>9</sup> con 15% de participantes de América Latina) sugieren beneficios consistentes. La transición epidemiológica en Latinoamérica, caracterizada por alta prevalencia de obesidad, diabetes de inicio temprano y menor acceso a terapias cardioprotectoras, podría modificar tanto el riesgo basal como el beneficio absoluto de las intervenciones. La herramienta no ha sido validada prospectivamente en cohortes colombianas o latinoamericanas, lo cual constituye una prioridad de investigación futura. Las pruebas de usabilidad se realizaron solo con médicos; se necesita validación con pacientes y evaluación del impacto en la toma de decisiones compartida.

**Direcciones futuras:** El trabajo en curso incluye validación prospectiva en cohortes colombianas, integración con sistemas de historia clínica electrónica, desarrollo de aplicación móvil orientada al paciente, y expansión para incluir tirzepatida cuando los resultados de SURPASS-CVOT estén disponibles.

**Conclusiones:** *FamilyComorbid AI* es una herramienta gratuita, accesible y basada en evidencia que integra la evidencia contemporánea para proporcionar estimaciones personalizadas de riesgo cardiovascular. A diferencia de otras calculadoras disponibles, permite modelar el beneficio de SGLT2i, GLP-1 RA y finerenona. La herramienta demostró excelente validez de contenido y usabilidad, y puede facilitar la toma de decisiones compartida y la prescripción basada en evidencia en atención primaria.

**Disponibilidad y acceso:** *FamilyComorbid AI* está disponible gratuitamente en <https://unique-cheeseecake-bca10f.netlify.app/>. No requiere registro, no almacena datos, y funciona offline. Disponible en español, inglés y portugués. El acceso directo mediante código QR se presenta en la Figura IV.

Figura III. Pictograma de riesgo cardiovascular a 10 años (ejemplo clínico: mujer de 58 años, DM2 de 12 años, fumadora)

Figura IV. Código QR para acceso directo a *FamilyComorbid AI*

**Material suplementario:** Los tres escenarios clínicos estandarizados utilizados en las pruebas de usabilidad están disponibles como material suplementario: **Escenario 1:** Hombre de 62 años con DM2 de 8 años, hipertensión controlada, dislipidemia, no fumador. TFG<sub>e</sub> 75 mL/min, sin albuminuria. En tratamiento con metformina y enalapril. Riesgo basal Framingham: 15%. **Escenario 2:** Mujer de 58 años con DM2 de 12 años, fumadora activa (20 paquetes-año), hipertensión no controlada, obesidad. TFG<sub>e</sub> 55 mL/min, microalbuminuria. En tratamiento con metformina, glimepirida y amlodipino. Riesgo basal SCORE2-Diabetes: 18%. **Escenario 3:** Hombre de 70 años con DM2 de 18 años, antecedente de IAM hace 3 años, insuficiencia cardíaca con FEVI 40%, ERC estadio G3b (TFG<sub>e</sub> 38 mL/min), macroalbuminuria. En tratamiento con insulina, carvedilol, espironolactona, furosemida y atorvastatina 40 mg. Riesgo basal UKPDS: 35%.

**Disponibilidad de datos:** Los datos anonimizados de las pruebas de usabilidad están disponibles bajo solicitud razonable al autor de correspondencia. El código fuente de la herramienta y los *hazard ratios* utilizados en el modelo están documentados en la plataforma y disponibles para revisión académica.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a los siete miembros del panel de expertos (tres especialistas en medicina interna, dos médicos de atención primaria, un médico familiar y un epidemiólogo clínico) por su rigurosa revisión y valiosas sugerencias durante la validación de contenido. Igualmente, se agradece a los veinticuatro médicos de atención primaria de Bucaramanga que participaron voluntariamente en las pruebas de usabilidad, cuya retroalimentación fue fundamental para optimizar la herramienta. Agradecimiento especial a la Universidad de Santander (UNDES) por facilitar los espacios para la realización del estudio.

#### Referencias

1. Barquera S, et al. Cardiovascular risk factors and predicted 10-year risk using three risk equations in Mexican adults. *Salud Publica Mex.* 2020;62(1):50-58.
2. Lotufo PA, et al. Performance of the Framingham risk score for cardiovascular disease in Brazilians. *Arq Bras Cardiol.* 2017;108(5):422-428.
3. Stevens RJ, et al. The UKPDS risk engine: a model for the risk of coronary heart disease in Type II diabetes. *Clin Sci.* 2001;101(6):671-679.
4. SCORE2-Diabetes Working Group. SCORE2-Diabetes: 10-year cardiovascular risk estimation. *Eur Heart J.* 2023;44(28):2544-2556.

5. Zinman B, et al. Empagliflozin, Cardiovascular Outcomes, and Mortality in Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*. 2015;373(22):2117-2128.
6. Perkovic V, et al. Canagliflozin and Renal Outcomes in Type 2 Diabetes and Nephropathy. *N Engl J Med*. 2019;380(24):2295-2306.
7. Marso SP, et al. Liraglutide and Cardiovascular Outcomes in Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*. 2016;375(4):311-322.
8. Marso SP, et al. Semaglutide and Cardiovascular Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*. 2016;375(19):1834-1844.
9. Gerstein HC, et al. Dulaglutide and cardiovascular outcomes in type 2 diabetes (REWIND). *Lancet*. 2019;394(10193):121-130.
10. Bakris GL, et al. Effect of Finerenone on Chronic Kidney Disease Outcomes in Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*. 2020;383(23):2219-2229.
11. Pitt B, et al. Cardiovascular Events with Finerenone in Kidney Disease and Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*. 2021;385(24):2252-2263.
12. Peters SAE, et al. Duration of diabetes and the risk of major cardiovascular events. *Diabetes Res Clin Pract*. 2022;188:109899.
13. Gepner AD, et al. Cigarette Smoking and Cardiovascular Events: MESA. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2015;35(3):700-709.
14. Nunes BP, et al. Multimorbidity and mortality in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016;67:130-138.
15. Agarwal R, et al. Cardiovascular and kidney outcomes with finerenone: the FIDELITY pooled analysis. *Eur Heart J*. 2022;43(6):474-484.
16. CTT Collaboration. Efficacy and safety of more intensive lowering of LDL cholesterol. *Lancet*. 2010;376(9753):1670-1681.
17. Marx N, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of cardiovascular disease in patients with diabetes. *Eur Heart J*. 2023;44(39):4043-4140.
18. American Diabetes Association. Cardiovascular Disease and Risk Management: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care*. 2024;47(Suppl 1):S179-S218.
19. Nielsen J, Landauer TK. A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference*. 1993:206-213.
20. Tullis T, Stetson J. A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability. *Usability Professionals Association Conference*. 2004.
21. Bangor A, Kortum PT, Miller JT. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *Int J Hum Comput Interact*. 2008;24(6):574-594.
22. Duncan MS, et al. Association of Smoking Cessation With Subsequent Risk of Cardiovascular Disease. *JAMA*. 2019;322(7):642-650.
23. Goff DC, et al. 2013 ACC/AHA Guideline on the Assessment of Cardiovascular Risk. *Circulation*. 2014;129(25 Suppl 2):S49-S73.