

# Epidemiología de la leucemia infantil en México y Latinoamérica: efectos de la vulnerabilidad y la justicia social

Epidemiology of childhood leukemia in Mexico and Latin America: Effects of vulnerability and social justice

Juan Carlos Núñez-Enríquez<sup>1a</sup>, Rosana Pelayo<sup>2b</sup>, Janet Flores-Lujano<sup>3c</sup>, Aldo Allende-López<sup>3d</sup>, Erika Alarcón-Ruiz<sup>4e</sup>, David Aldebarán Duarte-Rodríguez<sup>5f</sup>, Ana Karen Rodríguez-Muñoz<sup>6g</sup>, Roberto Rodríguez-Díaz<sup>7h</sup>, Omar Chávez-Martínez<sup>8i</sup>, Juan Manuel Mejía-Aranguré<sup>9j</sup>

## Resumen

La leucemia aguda (LA) representa la principal neoplasia en niños en México y América Latina, donde se observan tasas de incidencia y mortalidad elevadas, particularmente en poblaciones con ascendencia indígena y condiciones socioeconómicas desfavorables. Este artículo analiza los determinantes sociales y biológicos que influyen en la aparición y evolución de la leucemia linfoblástica aguda (LLA), y destaca las hipótesis de Greaves y Kinlen, así como su posible adecuación en contextos latinoamericanos. La evidencia sugiere que factores como la pobreza, el rezago educativo, el hacinamiento y el acceso limitado a servicios de salud impactan directamente en la mortalidad infantil por LA. En el análisis realizado específicamente para este trabajo, con la utilización de bases de datos públicas y de acceso abierto, se identificó un gradiente pobreza-mortalidad, en el que los municipios más pobres presentan un mayor riesgo de muerte por leucemia en menores de 20 años de edad. Se concluye que la epidemiología, al integrarse con principios de justicia social, es clave para diseñar y dar seguimiento a intervenciones de política pública que se implementen para reducir las desigualdades y mejoren la supervivencia infantil en México.

## Abstract

Acute leukemia (AL) is the most common malignancy in children in Mexico and Latin America, where high incidence and mortality rates are observed, particularly among populations with indigenous ancestry and unfavorable socioeconomic conditions. This article examines the social and biological determinants that influence the onset and progression of acute lymphoblastic leukemia (ALL), highlighting the Greaves and Kinlen hypotheses and their potential relevance in Latin American contexts. Evidence suggests that factors such as poverty, educational disadvantage, overcrowding, and limited access to healthcare directly affect childhood mortality from AL. In the analysis conducted specifically for this study, using publicly available open-access databases, a poverty-mortality gradient was identified, showing that the poorest municipalities face a higher risk of leukemia-related death in individuals under 20 years of age. The study concludes that epidemiology, when integrated with principles of social justice, is essential for designing and monitoring public policy interventions aimed at reducing inequalities and improving childhood survival in Mexico.

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund”, División de Investigación en Salud. Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Unidad de Educación e Investigación en Salud. Ciudad de México, México

<sup>3</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund”, Unidad de Investigación Médica en Epidemiología Clínica. Ciudad de México, México

De la adscripción 4 en adelante continúan al final del artículo ▲

ORCID: 0000-0002-8070-9727<sup>a</sup>, 0000-0003-3401-9757<sup>b</sup>, 0000-0003-0727-2837<sup>c</sup>, 0000-0001-6592-5491<sup>d</sup>,  
0000-0002-7104-6108<sup>e</sup>, 0000-0002-0560-2540<sup>f</sup>, 0000-0003-1700-2208<sup>g</sup>, 0000-0002-8725-9677<sup>h</sup>,  
0000-0003-2633-1898<sup>i</sup>, 0000-0001-8027-6231<sup>j</sup>

Palabras clave  
Leucemia  
Epidemiología  
Salud Infantil  
Vulnerabilidad Social  
Inequidades en Salud

Keywords  
Leukemia  
Epidemiology  
Child Health  
Social Vulnerability  
Health Inequities

Fecha de recibido: 17/09/2025

Fecha de aceptado: 26/09/2025

### Comunicación con:

Juan Carlos Núñez Enríquez  
✉ jcarlos\_nu@hotmail.com  
55 5627 6900, extensión 22306

Cómo citar este artículo: Núñez-Enríquez JC, Pelayo R, Flores-Lujano J, et al. Epidemiología de la leucemia infantil en México y Latinoamérica: efectos de la vulnerabilidad y la justicia social. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2026;64(1):e6794. doi: 10.5281/zendo.17469264

## Leucemias agudas infantiles

Las leucemias agudas (LA) son enfermedades neoplásicas muy heterogéneas, clasificadas según su estirpe celular, morfología, inmunofenotipo y características moleculares. Cada una de estas características implica diferencias en el diagnóstico y pronóstico, así como en la necesidad de tratamientos específicos.<sup>1</sup>

Algunos factores etiológicos comunes a diversas leucemias incluyen la exposición a rayos X, insecticidas e hidrocarburos. Estos factores son relevantes tanto para niños como para adultos. Otros factores como el nivel socioeconómico, las infecciones, el peso al nacer, la edad de los padres al momento de la concepción, la exposición a campos electromagnéticos de muy baja frecuencia y el entorno de residencia (urbano o rural) varían entre leucemias, lo cual incide en que se generen diversas hipótesis sobre su etiología.<sup>2</sup>

Las leucemias linfoblásticas agudas (LLA) son las más frecuentes en la niñez. Varias hipótesis han surgido respecto a su etiología. Históricamente, los datos indicaban una mayor frecuencia en zonas urbanas y en países con niveles socioeconómicos elevados. Además, el pico de incidencia, de 2 a 6 años, inicialmente apareció en los países más desarrollados y se ha ido observando en otros países conforme mejoran sus condiciones económicas.

### Epidemiología de las leucemias agudas en México y Latinoamérica

La LA es el tipo más frecuente de cáncer en niños y adolescentes en todo el mundo. De acuerdo con datos recientes de GLOBOCAN (por sus siglas en inglés, *Global Cancer Observatory*), México se destaca entre los países con mayor incidencia y mortalidad por leucemia infantil.<sup>3</sup> Este escenario es comparable a lo observado en la población hispana de Estados Unidos,<sup>4</sup> así como Ecuador,<sup>5</sup> Costa Rica<sup>6</sup> y Colombia.<sup>7</sup>

En países con una alta proporción de población mestiza, como Brasil, las tasas de incidencia oscilan entre 76.8 y 59.1 casos por millón.<sup>8</sup> En México, las tasas van desde 74.2 hasta 58.4.<sup>9,10,11,12</sup>

La población hispana en Estados Unidos presenta una tasa de 49.7 casos por millón para leucemia linfoblástica aguda (LLA).<sup>5</sup> En Ecuador, la tasa es de 49.2 para LLA, mientras que en Costa Rica<sup>6</sup> y Colombia las tasas son de 58.5 y 58.4,<sup>7,8</sup> respectivamente, por lo que superan los 58 casos por millón.

Por otro lado, las regiones con una alta proporción de población afrodescendiente, como la costa este de Brasil, presentan tasas inferiores, que varían entre 33.8 y 24.8 casos por millón.<sup>8</sup> Las tasas de incidencia en regiones con población mayoritariamente de ascendencia europea, como el sur de Brasil (51.0 a 41.1),<sup>8</sup> Argentina (47.5 y 37.7-32.5 para LLA),<sup>9</sup> Puerto Rico (35.7 para LLA)<sup>10</sup> y Chile (34.2),<sup>6</sup> son similares a las reportadas en países desarrollados como Estados Unidos y Europa. Estos hallazgos son consistentes con las tasas reportadas en Estados Unidos cuando se estratifican por grupo étnico: las tasas de incidencia más elevadas se observan en la población infantil de ascendencia latinoamericana, seguidas por la población de ascendencia europea y, por último, la población de ascendencia africana, que presenta tasas de incidencia menores.

En México, este fenómeno también se observa en las tasas de incidencia reportadas para estados donde la población es mayormente de ascendencia indígena, como Chiapas y Puebla, que superan los 70 casos por millón.<sup>13</sup> En contraste, estas tasas reportadas en el sur de nuestro país son notablemente más altas que las reportadas en los estados del norte, como el estado de Nuevo León (32.5),<sup>13</sup> que corresponde a un estado con mayor proporción de población de ascendencia europea,<sup>14</sup> lo cual podría sugerir el efecto de tener una población con menor carga de ascendencia indígena.

Sin embargo, es importante considerar las diferencias intra- e inter-países y tomar estos datos con cautela, ya que algunas cifras provienen de poblaciones pequeñas y con pocos años de estudio. Aun así, estos datos representan la mejor información disponible hasta el momento para estos países. Por otro lado, es interesante notar que en los Estados Unidos, posiblemente el único país que hace una descripción detallada por diferentes grupos étnicos, se reporta una mayor frecuencia de leucemia infantil en la población latina y en los individuos con predominancia del grupo étnico indígena en la región de Alaska. De manera similar, en Brasil, los grupos étnicos del Amazonas también muestran una mayor incidencia de la enfermedad.<sup>6</sup>

Diversos estudios en niños mexicanos han reportado tasas de incidencia consistentemente elevadas a lo largo de los años. Para el periodo de 2010-2017, en la Ciudad de México se reportó una tasa de incidencia de 63.3 casos por millón,<sup>9</sup> de 58.4 durante 1996-2000; de 55.4 durante 1996-2002; de 62.2 durante 1996-2013; y de 57.6 durante 2006-2007.<sup>10,13,14</sup>

## **Hipótesis sobre el origen de la leucemia linfoblástica aguda**

Como se ha mencionado previamente, la LLA es el subtipo más común y sobre el cual se ha centrado prácticamente el estudio de la etiología de la enfermedad en población infantil. Es por ello que han surgido diversas hipótesis causales y entre ellas se encuentran 2 muy importantes que mencionamos a continuación:

### **1. Hipótesis de Greaves (infección tardía)**

Una de las hipótesis con mayor respaldo en la etiología de la LLA es la hipótesis de Greaves. Esta teoría sugiere que una infección tardía se asocia al desarrollo de LLA de células B, que ocurre en los primeros 5 años. Según esta hipótesis, la ausencia de una infección temprana durante el primer año de vida hace que la respuesta del sistema inmune a una “infección tardía” genere un estrés significativo. Si ya existe una mutación previa asociada a la LLA, este estrés inmunológico puede promover el desarrollo de la enfermedad.

El mecanismo propuesto por Greaves es que los niños que no han sido expuestos a infecciones comunes en el primer año de vida no desarrollan una respuesta inmune adecuada. Al enfrentarse a una infección más adelante, su sistema inmune puede reaccionar de manera exagerada. Esta reacción puede activar mutaciones preexistentes en las células B, lo que lleva a la proliferación descontrolada de estas células y, en última instancia, al desarrollo de LLA.

La hipótesis de Greaves resalta la importancia de la exposición temprana a patógenos comunes como un factor protector contra el desarrollo de LLA, y sugiere que una falta de esta exposición podría predisponer a los niños a desarrollar esta forma de leucemia al experimentar infecciones más adelante en la infancia. Estudios epidemiológicos respaldan esta teoría, dado que muestran una menor incidencia de LLA en niños con infecciones comunes en los primeros años.<sup>11,14,15,16,17</sup>

### **2. Hipótesis de Kinlen (mezcla poblacional)**

La hipótesis de Kinlen plantea que la mezcla poblacional es un factor de riesgo significativo para el desarrollo de la LLA. Según esta teoría, el movimiento de personas entre diferentes áreas geográficas y la subsecuente mezcla de individuos de distintas poblaciones puede llevar a brotes de LLA debido a la exposición a nuevos agentes infecciosos.

El concepto central de esta hipótesis es que los niños que

crecen en una zona geográfica específica están expuestos a los agentes infecciosos comunes en esa región. Cuando estos niños se trasladan a otras áreas o cuando nuevos grupos de personas se integran a su comunidad, se produce una exposición a agentes infecciosos desconocidos para su sistema inmunológico. Esta nueva exposición genera un estrés inmunológico significativo.

Kinlen sugiere que este estrés inmunológico puede desencadenar el desarrollo de LLA en niños que ya poseen mutaciones genéticas predisponentes. La interacción entre una exposición infecciosa nueva y un sistema inmunológico no preparado puede promover la proliferación anormal de células B y, en consecuencia, llevar al desarrollo de LLA.

Hay estudios epidemiológicos que muestran un aumento en los casos de LLA en áreas con alta movilidad poblacional y donde se produce una mezcla significativa de poblaciones. Además, se ha observado que los brotes de LLA son más comunes en comunidades recientemente establecidas o en regiones que experimentan cambios demográficos rápidos.<sup>16,17</sup>

Estas hipótesis refuerzan la importancia de comprender los factores etiológicos y los mecanismos de desarrollo de las leucemias infantiles, con el fin de mejorar la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de esta enfermedad.

No obstante, en los niños, niñas y adolescentes hispanos, la hipótesis de Greaves no siempre se ha podido confirmar.<sup>14</sup> De hecho, las infecciones tempranas parecen ser un factor de riesgo más que un factor protector.<sup>18</sup> Esto sugiere que la alta prevalencia de agentes infecciosos podría ser la causa en las poblaciones donde las infecciones tempranas no actúan como factor protector. Algunos de estos agentes, como el virus de Epstein-Barr y el citomegalovirus, están relacionados con la oncogénesis, especialmente la leucemogénesis, y son más comunes en poblaciones con niveles socioeconómicos más bajos.<sup>19</sup>

Otra posibilidad es que el “estrés inmunológico” generado por la infección tardía también se produzca debido a la exposición crónica y recurrente a agentes infecciosos durante el primer año de vida. Esto es interesante, ya que se ha observado que la edad de inicio de la LLA es mayor cuando la infección temprana actúa como factor de riesgo que cuando lo hace como factor de protección.<sup>20</sup> Además, es posible que las infecciones recurrentes durante el primer año, cuando actúan como factor de riesgo para el desarrollo de LLA, reflejen el uso indiscriminado de medicamentos y antibióticos que se venden sin receta en muchos países latinoamericanos, o que recientemente han comenzado a requerir prescripción médica. Un dato adicional que apoya

esta idea es la baja frecuencia del reordenamiento del gen *ETV6::RUNX1* en la población latinoamericana.<sup>21</sup>

Asimismo, existe la posibilidad de que las infecciones tempranas provoquen un aumento del cortisol plasmático como respuesta a estas, lo que favorezca la muerte de los clones leucémicos portadores de un reordenamiento génico asociado con un mejor pronóstico de la enfermedad en los niños que lo presentan.<sup>22,23</sup> Sin embargo, los clones leucémicos que no portan este reordenamiento génico no se verían afectados por las infecciones tempranas, y este estrés inmunológico podría conducir a la aparición de la leucemia, especialmente después de los 10 años de edad. Un dato que apoya esta hipótesis es que en las ciudades donde la incidencia de LLA es mayor, la proporción de casos en niños menores de 5 años frente a los mayores de 10 años es menor que en países donde la incidencia de LLA no es tan elevada. En países con una incidencia media de LLA, como los Estados Unidos, se estima que la proporción es de 4 a 1, mientras que en ciudades hispanas, la proporción es de 2 a 1.<sup>23,24</sup> Esto es particularmente interesante porque hay datos que muestran que la frecuencia del fenotipo *Ph-like* en la LLA es más común en niños mayores de 10 años y también es más frecuente en la población hispano-latina.<sup>25</sup>

Por último, las infecciones en la población hispana podrían reflejar el nivel de hacinamiento en el que viven estas comunidades y también la mezcla de población que se produce entre ellas. Esto sigue la hipótesis de Kinlen sobre la mezcla de poblaciones. Los hispanos también han experimentado un aumento acelerado de los flujos migratorios en los últimos años, lo cual está provocando un cambio drástico en la mezcla de agentes infecciosos y afectando al microbioma de los individuos y, en este sentido, de las poblaciones.<sup>17,18</sup> Estos flujos migratorios tienden a concentrarse en México, dada su condición de frontera más permeable para el cruce hacia los Estados Unidos. La amalgama con agentes infecciosos endémicos en diversas regiones del mundo, dispersos por todo el continente americano y que convergen finalmente en México, donde los migrantes suelen permanecer por períodos más prolongados antes de intentar cruzar a Estados Unidos, podría contribuir a que México presente una de las tasas de incidencia de LLA más elevadas a nivel mundial.<sup>19</sup>

Una vez que las poblaciones hispanas logran ingresar a los Estados Unidos, su tendencia a reagruparse con otros grupos hispanos puede tener un impacto adicional. Este fenómeno podría contribuir al aumento del número de casos de LLA entre los miembros de estas comunidades. En este contexto, se están llevando a cabo nuevos estudios que buscan establecer la relación entre el papel del microbioma y el desarrollo de la LLA en niños.<sup>17</sup>

## El papel de la epidemiología para atender problemas nacionales de salud

La epidemiología, al estudiar la distribución y los determinantes de las enfermedades en las poblaciones, constituye una herramienta esencial para orientar la formulación de políticas públicas y la atención comunitaria. Su aplicación permite identificar prioridades de salud, guiar la asignación de recursos, evaluar la efectividad de intervenciones y reconocer desigualdades que requieren acciones específicas. De esta manera, la epidemiología no solo aporta evidencia científica, sino que también contribuye a garantizar que las intervenciones en salud sean más efectivas, eficientes y equitativas.<sup>24,25,26</sup>

### Epidemiología, vulnerabilidad y justicia social

La convergencia entre epidemiología y justicia social es fundamental para abordar las desigualdades en salud y promover la equidad de las poblaciones.

La justicia social se define como la aplicación equitativa de políticas, estrategias y acciones, con un énfasis particular en los grupos más vulnerables, para evitar la discriminación y la distribución desigual de oportunidades. Este término abarca varios aspectos, incluida la equidad en la distribución de recursos y los determinantes sociales de la salud, así como la creación de instituciones, sistemas, infraestructuras, políticas y procesos justos. El objetivo es promover la igualdad en el desarrollo humano, los derechos, el bienestar y la salud.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud se clasifica como un derecho universal, lo que implica que todas las personas deben recibir atención basada en sus necesidades, independientemente de sus características individuales, nivel socioeconómico, nivel educativo, entre otros aspectos. Por lo tanto, varios países han establecido iniciativas y han conformado grupos que promueven la distribución equitativa de recursos.<sup>27</sup>

### Regiones vulnerables de México

En México, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), organismo fundado en 2005, es el encargado de medir la pobreza en el país. En 2022, este consejo publicó una actualización de los criterios y lineamientos para medir la pobreza e identificó los siguientes indicadores: ingreso corriente per cápita, rezago educativo promedio en el hogar, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y

espacios de la vivienda, acceso a los servicios básicos en la vivienda, acceso a la alimentación nutritiva y de calidad, grado de cohesión social y grado de accesibilidad a carretera pavimentada.

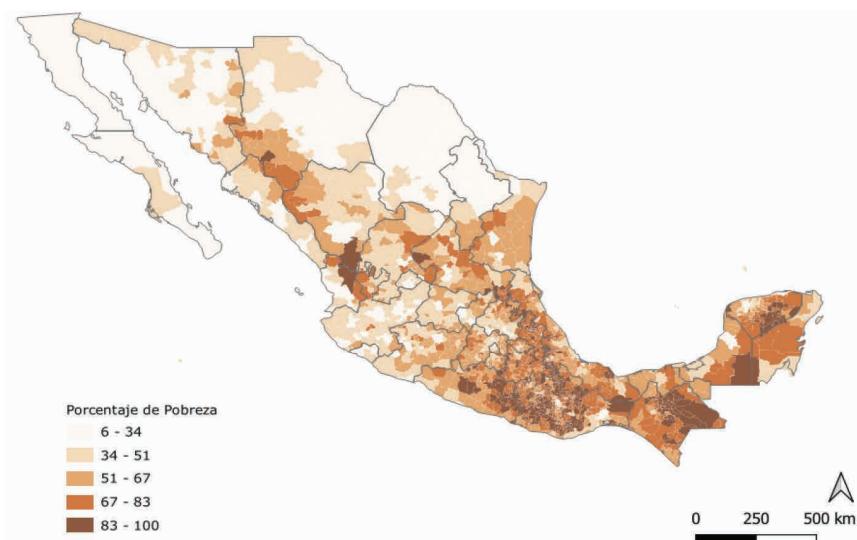
Con base en estos indicadores, se identificó que en México 46.8 millones de personas vivían en situación de pobreza, lo que representa aproximadamente 36 de cada 100 personas. Además, se determinó que 9.1 millones de personas vivían en pobreza extrema, definida como tener un ingreso menor

que el valor de la canasta básica y al menos 3 carencias sociales de las mencionadas anteriormente (figura 1).

Para el año 2022, las entidades federativas con el mayor porcentaje de población en situación de pobreza fueron Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala (figura 2).

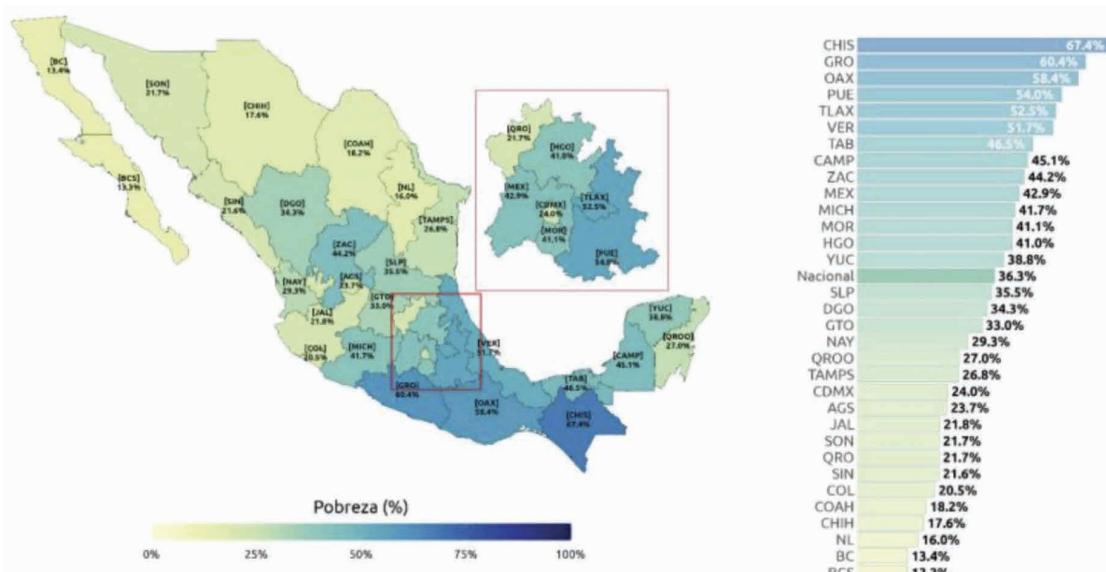
Otro indicador de vulnerabilidad en México, evaluado por CONEVAL, es la carencia de acceso a los servicios de salud, definida por la falta de afiliación o derecho a recibir

**Figura 1** Mapa representativo de los municipios con el mayor porcentaje de la población en condiciones de pobreza



Fuente: elaboración propia con datos de acceso abierto de CONEVAL

**Figura 2** Mapa representativo de las entidades federativas con el mayor porcentaje de la población en condiciones de pobreza



Fuente: elaboración propia con datos de acceso abierto del CONEVAL

servicios médicos de alguna institución. Para el año 2022, el 39.1% de la población (50.4 millones de mexicanos) presentaba este tipo de carencia. Los estados con mayor porcentaje de carencia en acceso a los servicios de salud fueron: Oaxaca, Michoacán, Coahuila, Puebla y Guerrero (figura 3).

## Vulnerabilidad y mortalidad por leucemia infantil en México

La mortalidad por leucemia aguda infantil es un indicador sensible a determinantes sociales de la salud, en especial la accesibilidad y eficacia del tratamiento.<sup>28</sup> A diferencia de la incidencia, que suele permanecer estable en tiempo y espacio, las variaciones en la mortalidad reflejan de manera más directa las desigualdades sociales y las condiciones de acceso a la atención médica.<sup>29,30</sup>

Con el objetivo de estimar el efecto de estas desigualdades, se calcularon las tasas de mortalidad por leucemia aguda en población menor de 15 años durante el periodo 2013-2022, a partir de los reportes de defunciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).<sup>31</sup> Para reducir el impacto de errores diagnósticos, se incluyeron todas las defunciones con códigos CIE-10 C91-C95. Como denominadores se emplearon las proyecciones municipales de población publicadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2024.<sup>32</sup> Las tasas se ajustaron por edad y sexo mediante el método indirecto, usando como estándar la población nacional de 2022.<sup>32</sup>

La población se categorizó en cuartiles de pobreza de acuerdo con las mediciones realizadas por el CONEVAL

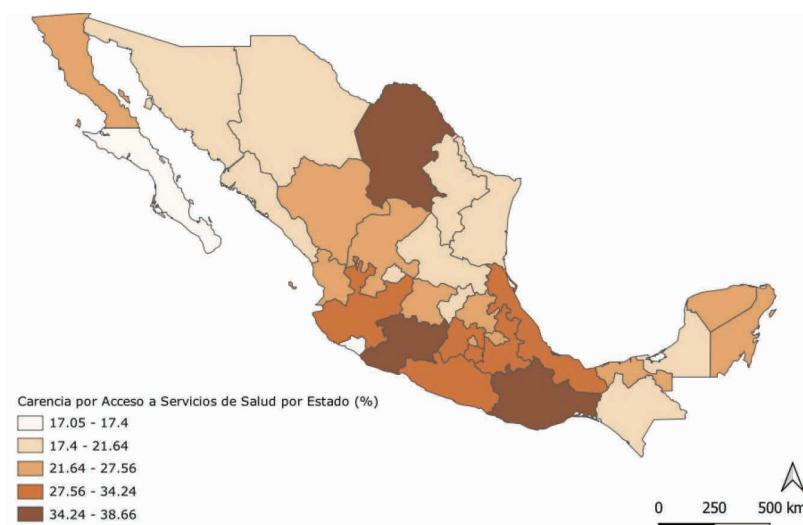
en 2020 y se consideraron indicadores de pobreza general, extrema y moderada, así como carencias sociales específicas (educación, salud, seguridad social, vivienda, servicios básicos, alimentación e ingreso).<sup>32</sup> De esta manera se construyeron 4 subpoblaciones: Q1 representó a los municipios menos pobres y Q4 a los más pobres.

Durante el periodo de estudio, la tasa nacional de mortalidad por leucemias agudas fue de 17.4 muertes por cada millón de habitantes menores de 20 años, mayor en varones (19.1) que en mujeres (15.9).<sup>33</sup> A nivel estatal, Chiapas, Colima, Tabasco, Puebla y Campeche presentaron las tasas más elevadas, como se muestra en la figura 4.<sup>33</sup>

Se observó un gradiente pobreza-mortalidad: los municipios más pobres (Q4) mostraron tasas de 27.9, frente a 23.1 en los menos pobres (Q1), con una razón estandarizada de mortalidad (REM) de 1.20 (intervalo de confianza del 95% [IC 95%]: 1.05-1.53). Esto implica que los niños en municipios más pobres tienen un 20% mayor probabilidad de morir por leucemia infantil en comparación con aquellos de municipios menos pobres.<sup>33</sup> Este gradiente fue más marcado en varones (Q1 = 15.6 frente a Q4 = 24.3; REM = 1.55, IC 95%: 0.79-2.82), aunque sin significación estadística, como se muestra en la figura 5.

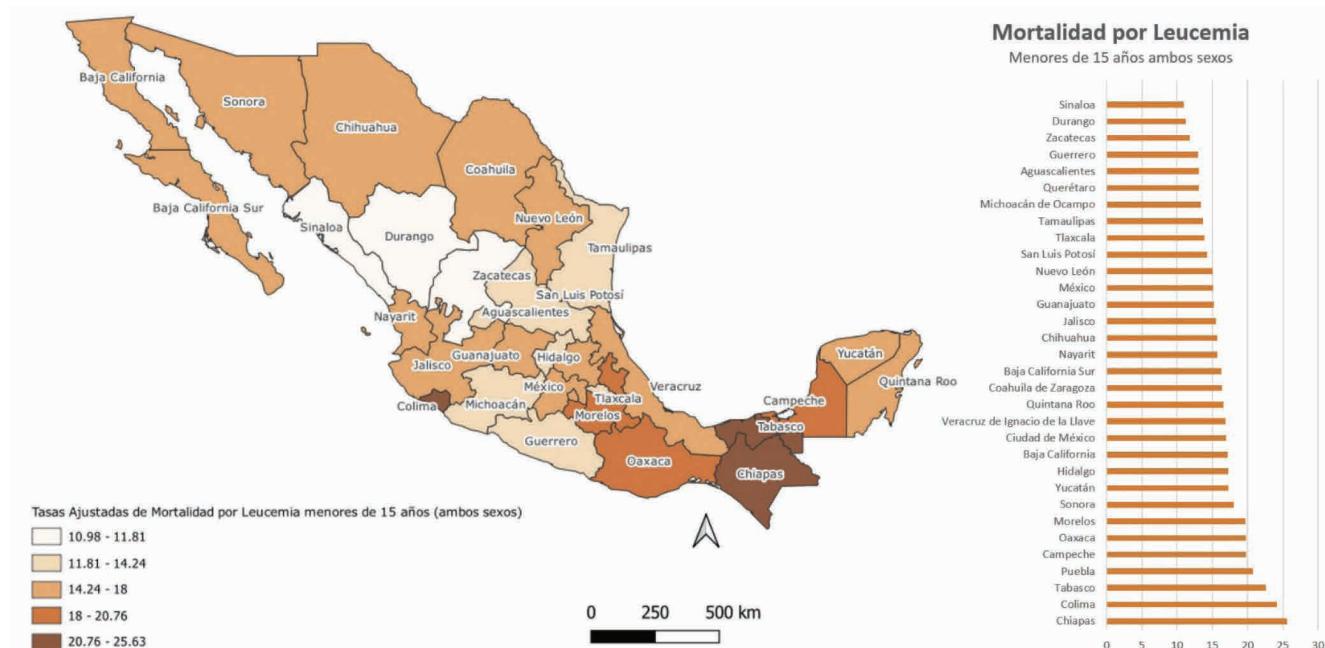
El gradiente pobreza-mortalidad se manifestó con mayor fuerza en indicadores como carencia en calidad y espacios de la vivienda, carencia en acceso a servicios básicos, presencia de al menos una carencia social e ingreso inferior a la línea de pobreza. En contraste, pobreza extrema, pobreza moderada, carencia de seguridad social y presencia de 3 o más carencias sociales mostraron gradientes débiles o no

**Figura 3** Entidades con mayor porcentaje de carencia en acceso a los servicios de salud en 2022



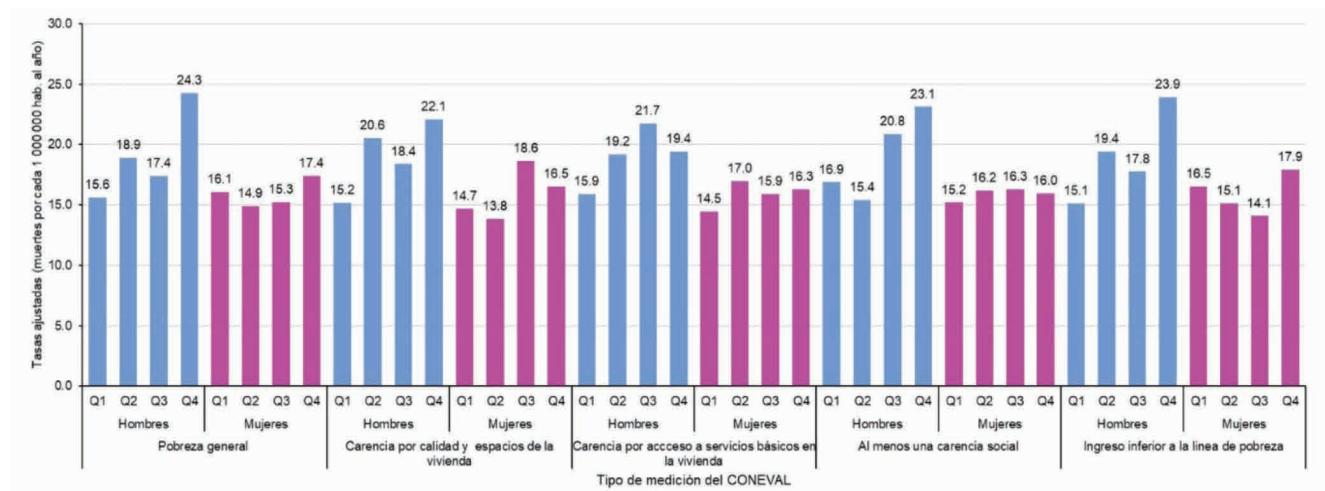
Fuente: Elaboración propia con datos de acceso abierto del CONEVAL

**Figura 4** Entidades con la mayor mortalidad por leucemia infantil (menores de 15 años) en el periodo 2013-2022



Fuente: elaboración propia con datos de acceso abierto del INEGI

**Figura 5** Tasas ajustadas de mortalidad por leucemia aguda infantil en México (2013-2022) calculadas por subpoblaciones con relación a la prevalencia de pobreza a nivel municipal (2020)



lineales, mientras que rezago educativo, carencia alimentaria y carencia de acceso a servicios de salud presentaron gradientes inversos.<sup>31,32</sup>

En particular, el rezago educativo mostró una relación inversa con la mortalidad. Estudios previos han documentado que los padres con bajo nivel educativo, especialmente aquellos con hijos con necesidades especiales de salud,

tienden a utilizar menos los servicios médicos en comparación con padres con mayor escolaridad.<sup>34,35,36,37</sup> Esto se atribuye a que con frecuencia no logran reconocer la necesidad de atención médica. De esta manera, conforme disminuye el rezago educativo en la población, aumenta la probabilidad de que un niño con leucemia aguda tenga contacto con los servicios de salud y, en consecuencia, se detecten casos previamente inadvertidos, lo que puede

incrementar de manera aparente tanto la incidencia como la mortalidad.<sup>36,37</sup>

Estos hallazgos evidencian que la desigualdad social influye directamente en la probabilidad de morir por leucemia infantil en México y que su impacto varía según los determinantes analizados. Las figuras y mapas derivados del análisis (*figura 4* y *figura 5*) permiten ubicar los estados y municipios más afectados, lo cual refuerza la necesidad de políticas públicas focalizadas en las poblaciones con mayor vulnerabilidad.<sup>38</sup>

## Modelo integral de atención de leucemia infantil en regiones vulnerables de México

Desde 2021, el PRONAI de leucemia infantil transformó la atención de esta enfermedad en México. Mediante una red interinstitucional de hospitales y laboratorios del sector público y privado, identificó puntos críticos para agilizar el diagnóstico y estableció una ruta de atención que redujo los retrasos, con lo cual contribuyó a disminuir la mortalidad infantil asociada a la leucemia.<sup>38,39</sup> El programa incluyó el primer Laboratorio de Citomática de América Latina y el primer registro poblacional de leucemia infantil en México, lo cual fortaleció la investigación, la innovación y la comprensión del impacto de la enfermedad. Asimismo, consolidó un modelo integral para la mejora de la atención de la leucemia infantil en regiones vulnerables.<sup>39</sup> Entre los principales desafíos estuvieron el retraso en el diagnóstico y el abandono del tratamiento, vinculados a factores sociodemográficos y económicos, como bajo nivel educativo de los padres y la distancia a hospitales con infraestructura adecuada. El PRONAI proporcionó herramientas científicas y sociales de vanguardia que permitieron reducir la mortalidad temprana durante el primer año de tratamiento y superar una de las principales barreras para mejorar la supervivencia a largo plazo en la región centro-sur del país.<sup>39</sup>

## Conclusiones

La epidemiología, como base de la salud pública, tiene un papel crucial en la búsqueda de la justicia social. Parte de su labor es generar información necesaria para identifi-

car y abordar las desigualdades en salud. Al centrarse en los determinantes sociales de la salud y en la participación comunitaria, la epidemiología puede contribuir significativamente a la promoción de la equidad y la justicia en las políticas de salud pública. Las desigualdades sociales son un intrincado sistema de diferencias sistemáticas que se dan entre los individuos y sus grupos poblacionales. Estas diferencias son un punto importante para la salud pública, ya que afectan a todos, pero en particular a quienes viven en condiciones de pobreza, rezago educativo, hacinamiento y con acceso limitado a servicios de salud.

La leucemia aguda infantil representa un problema de salud pública en México como una de las principales causas de muerte entre los niños mexicanos. Su origen involucra una combinación de aspectos biológicos y sociales específicos de la población mexicana. Como conjunto de enfermedades complejas, la leucemia aguda infantil se ve afectada en su continuo por las desigualdades sociales, las cuales moldean en los individuos su génesis, evolución, probabilidad de recibir tratamiento y probabilidad de sobrevivir.

Por lo anterior, abordar esta problemática requiere generar información de alta calidad, tanto a nivel poblacional como individual, que considere de manera integral los componentes biológicos y sociales de los niños que desarrollan leucemia aguda. Solo a partir de evidencia sólida será posible diseñar intervenciones multisectoriales efectivas que reduzcan de manera significativa las desigualdades en torno a la leucemia infantil.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), quien apoyó para la realización del presente manuscrito por medio de los Fondos: CF-2023-G-1399 de Ciencia Básica y de Frontera y PRONACES-Salud Proyectos 303019 y 302994.

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

## Referencias

1. BMJ. Acute lymphoblastic leukaemia - Symptoms, diagnosis and treatment | BMJ Best Practice; 2024. Disponible en: <https://bestpractice-bmj-com.pbidi.unam.mx:2443/topics/en-gb/273>
2. Buser JM, Lake K, Ginier E. Environmental Risk Factors for Childhood Cancer in an Era of Global Climate Change: A Scoping Review. Journal of Pediatric Health Care. 2022;36(1):46-56. doi: 10.1016/j.pedhc.2021.05.005
3. International Agency for Research on Cancer (IARC). Globocan; 2022. Disponible en: <https://gco.iarc.fr/en>

4. Wilkinson JD, Fleming LE, MacKinnon J, et al. Lymphoma and lymphoid leukemia incidence in Florida children. *Cancer*. 2001;91(7):1402-8. doi: 10.1002/1097-0142(20010401)91:7<1402::AID-CNCR1145>3.0.CO;2-6
5. Quiroz E, Aldoss I, Pullarkat V, et al. The emerging story of acute lymphoblastic leukemia among the Latin American population – biological and clinical implications. *Blood Rev*. 2019;33:98-105. doi: 10.1016/j.blre.2018.08.002
6. Erdmann F, Li T, Luta G, et al. Incidence of childhood cancer in Costa Rica, 2000–2014: An international perspective. *Cancer Epidemiol*. 2018;56:21-30. doi: 10.1016/j.canep.2018.07.004
7. Steliarova-Foucher E, Colombet M, Ries L, et al. International incidence of childhood cancer, 2001–2010: a population-based registry study. *Lancet Oncol*. 2017;18(6):719-31. doi: 10.1016/S1470-2045(17)30186-9
8. Silva-Junior AL, Alves FS, Kerr MWA, et al. Acute lymphoid and myeloid leukemia in a Brazilian Amazon population: Epidemiology and predictors of comorbidity and deaths. *PLoS ONE*. 2019;14(8): e0221518. doi: 10.1371/journal.pone.0221518
9. Flores-Lujano J, Duarte-Rodríguez DA, Jiménez-Hernández E, et al. Persistently high incidence rates of childhood acute leukemias from 2010 to 2017 in Mexico City: A population study from the MIGICCL. *Front Public Health*. 2022;10:2933. doi: 10.3389/FPUBH.2022.918921/BIBTEX
10. Pérez-Saldivar ML. Childhood acute leukemias are frequent in Mexico City: descriptive epidemiology. *BMC Cancer*. 2011;11(1):1-11. doi:10.1186/1471-2407-11-355
11. Mejía-Arangüire JM. Incidence of leukemias in children from El Salvador and Mexico City between 1996 and 2000: Population-based data. *BMC Cancer*. 2005;5. doi: 10.1186/1471-2407-5-33
12. Fajardo-Gutiérrez A, González-Miranda G, Pachuca-Vázquez A, et al. Cancer incidence and mortality in children in the Mexican Social Security Institute (1996–2013). *Salud Pública Mex*. 2016;58(2). Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/7785/10603>
13. Fajardo-Gutiérrez A, Juárez-Ocaña S, González-Miranda G, et al. Incidence of cancer in children residing in ten jurisdictions of the Mexican Republic: Importance of the Cancer registry (a population-based study). *BMC Cancer*. 2007;7(1):1-15. doi: 10.1186/1471-2407-7-68/TABLES/6
14. Mejía-Aranguré JM. Molecular epidemiology of acute leukemia in children: causal model, interaction of three factors—susceptibility, environmental exposure and vulnerability period. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México (English Edition)*. 2016;73(1):55-63. doi: 10.1016/S2444-3409(16)30019-X
15. Morris JA. The age incidence of childhood acute lymphoblastic leukaemia. *Med Hypotheses*. 1991;35(1):4-10. doi: 10.1016/0306-9877(91)90075-A
16. Mejía-Aranguré JM. Model for the Origin of Acute Leukemias in Children: Interaction of Three Factors—Susceptibility, Exposure, and Window of Vulnerability. *Etiology of Acute Leukemias in Children*. 2016;18:133-55. doi: 10.1007/978-3-319-05798-9\_6
17. Juárez-Ocaña S, González-Miranda G, Mejía-Aranguré JM, et al. Frequency of cancer in children residing in Mexico City and treated in the hospitals of the Instituto Mexicano del Seguro Social (1996–2001). *BMC Cancer*. 2004;4:50. doi: 10.1186/1471-2407-4-50
18. Mejía-Aranguré JM, Pérez-Saldivar ML, Flores-Lujano J, et al. Infections and Acute Leukemia in Children with Down Syndrome. *Prenatal Diagnosis and Screening for Down Syndrome*. 2011. doi: 10.5772/18533
19. Arellano-Galindo J, Barrera AP, Jiménez-Hernández E, et al. Infectious Agents in Childhood Leukemia. *Arch Med Res*. 2017;48(4):305-13. doi: 10.1016/J.ARCMED.2017.09.001
20. Flores-Lujano J, Perez-Saldivar ML, Fuentes-Pananá EM, et al. Breastfeeding and early infection in the aetiology of childhood leukaemia in down syndrome. *Br J Cancer*. 2009;101(5):860-4. doi: 10.1038/sj.bjc.6605244
21. Mata-Rocha M, Rangel-López A, Jimenez-Hernandez E, et al. Low Prevalence of ETV6::RUNX1 Fusion Gene in a Hispanic Population. *Front Pediatr*. 2022;10. doi: 10.3389/fped.2022.837656
22. Mejía-Arangure JM, Model for Identifying the Etiology of Acute Lymphoblastic Leukemia in Children. In: Mejía-Arangure JM, ed. *Clinical Epidemiology of Acute Lymphoblastic Leukemia - From the Molecules to the Clinic*. 2013. doi:10.5772/52716
23. Schmiegelow K, Vestergaard T, Nielsen SM, et al. Etiology of common childhood acute lymphoblastic leukemia: the adrenal hypothesis. *Leukemia*;22(12):2137-41. doi: 10.1038/leu.2008.212
24. Bonita R, Beaglehole R, Kjellström T. *Epidemiología básica*. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud; 2008. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3153>
25. Boutain DM. Social justice as a framework for undergraduate community health clinical experiences in the United States. *Int J Nurs Educ Scholarsh*. 2008;5(1). doi: 10.2202/1548-923X.1419
26. Redman RW, Clark L. Service-learning as a model for integrating social justice in the nursing curriculum. *J Nurs Educ*. 2002;41(10):446-9. doi: 10.3928/0148-4834-20021001-08
27. World Health Organization. Health is a Fundamental Right. Geneva: WHO; December 10, 2017. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/health-is-a-fundamental-human-right>
28. Eden T, Pui CH, Schrappe M, et al. All children have a right to full access to treatment for cancer [2]. *Lancet*. 2004;364 (9440):1121-2. doi: 10.1016/S0140-6736(04)17089-X
29. La Vecchia C, Levi F, Lucchini F, et al. Trends in childhood cancer mortality as indicators of the quality of medical care in the developed world. *Cancer*. 1998;83(10):2223-7.
30. Hall JE, Moonesinghe R, Bouye K, et al. Racial/Ethnic Disparities in Mortality: Contributions and Variations by Rurality in the United States, 2012–2015. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(3):436. doi: 10.3390/IJERPH16030436
31. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR). Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/edr/>
32. Consejo Nacional de Población. Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios de México (1990–2020, proyecciones 2021–2040). Ciudad de México: CONAPO; 9 de mayo de 2024. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/918028/BD\\_municipales\\_portada\\_regiones\\_FINAL.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/918028/BD_municipales_portada_regiones_FINAL.pdf)
33. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social 2020. Ciudad de México: CONEVAL; 2021. Disponible en: [https://www.coneval.org.mx/EvaluacionDS/PP/IEPDS/Documents/IEPDS\\_2020\\_Presentacion.pdf](https://www.coneval.org.mx/EvaluacionDS/PP/IEPDS/Documents/IEPDS_2020_Presentacion.pdf)
34. Ribeiro AI, Fecht D. Environmental Determinants of the Social Gradient in Cancer Incidence. in G Launoy, V Zadnik & MP Coleman (eds), *Social Environment and Cancer in Europe*:

- Towards an Evidence-Based Public Health Policy. Springer. 2021. pp. 221-33.
35. Bentham J, Di Cesare M, Bilano V, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627-42. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32129-3
  36. Flores-Lujano J, Allende-López A, Duarte-Rodríguez DA, et al. Epidemiology of childhood acute leukemias in marginalized populations of the central-south region of Mexico: results from a population-based registry. *Front Oncol*. 2024;14. doi: 10.3389/FONC.2024.1304263
  37. Karim-Kos HE, Hackl M, Mann G, et al. Trends in incidence, survival and mortality of childhood and adolescent cancer in Austria, 1994-2011. *Cancer Epidemiol*. 2016;42:72-81. doi: 10.1016/j.canep.2016.03.015
  38. Núñez-Enríquez JC, Romo-Rodríguez R, Gaspar-Mendoza P, et al. Implementation of a roadmap for the comprehensive diagnosis, follow-up, and research of childhood leukemias in vulnerable regions of Mexico: results from the PRONAI Strategy. *Front Oncol*. 2024;14:1304690. doi: 10.3389/fonc.2024.1304690
  39. Alfaro-Hernández L, Ramírez-Ramírez D, Romo-Rodríguez R, et al. Impact of standardized immunophenotyping and MRD monitoring on early mortality reduction in childhood leukemia: a step towards addressing healthcare disparities in vulnerable populations from Southern Mexico. *Front Oncol*. 2025;15:1614445. doi: 10.3389/fonc.2025.1614445

▲Continuación de adscripciones de los autores

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ciudad Madero, Tamaulipas, México

<sup>5</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Ciudad de México, México

<sup>6</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Ciudad de México, México

<sup>7</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina. Ciudad de México, México

<sup>8</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud, División de Investigación Clínica. Ciudad de México, México

<sup>9</sup>Instituto Nacional de Medicina Genómica, Laboratorio de Genómica Funcional del Cáncer. Ciudad de México, México