

# Índice

|   |     |
|---|-----|
| <b>Presentación</b> .....   | 9   |
| <b>Contribución de los inmigrantes a la demografía<br/>y al desarrollo económico en Chile</b> .....   | 15  |
| <i>Alejandro I. Canales, Jorge Martínez Pizarro</i>   |     |
| <b>Impactos de la migración desde la República Bolivariana<br/>de Venezuela en el mercado laboral de Colombia</b> .....   | 43  |
| <i>William Mejía Ochoa</i>  |     |
| <b>De la casa al trabajo: tiempo de viaje, conmutación y efecto composición<br/>en zonas metropolitanas de México</b> .....   | 69  |
| <i>Jaime Sobrino</i>  |     |
| <b>Nacer con vida durante una escalada de la violencia<br/>en contextos de guerra en Colombia</b> .....   | 97  |
| <i>Harold Mera León, Camilo Echandía Castilla</i>   |     |
| <b>Modelos de estimación de la mortalidad y la esperanza de vida<br/>de los municipios pequeños de Minas Gerais: enfoque en dos etapas</b> .....                          | 123 |
| <i>Denise Helena França Marques, Igor Augusto Tadeu de Souza,<br/>Tatiana Cunha e Silva Arteaga, Valéria Andrade Silva</i>  |     |
| <b>¿Cuántas personas dejamos atrás? De los datos del Registro Civil a la accesibilidad<br/>de las estadísticas vitales en la República Bolivariana de Venezuela</b> ..... | 151 |
| <i>Brenda Yépez, Jenny García</i>   |     |
| <b>Emancipación residencial en el Cono Sur: análisis comparativo<br/>de Chile y el Uruguay, 2008-2018</b> .....   | 169 |
| <i>Nicolás Aros-Marza, Pau Miret Gamundi</i>  |     |
| <b>Evaluación de la exposición de poblaciones y hospitales al aumento del nivel<br/>del mar en las zonas costeras bajas de América Latina y el Caribe</b> .....           | 195 |
| <i>Sabrina Juran, Andrew J. Tatem, Luis de la Rúa</i>   |     |
| <b>Relato de eventos</b>  |     |
| Quinta Reunión de la Conferencia Regional sobre Población<br>y Desarrollo de América Latina y el Caribe .....   | 217 |
| <i>Leandro Reboiras Finardi</i>   |     |
| <b>Entrevista</b>   |     |
| 57º período de sesiones de la Comisión de Población<br>y Desarrollo de las Naciones Unidas .....  | 225 |
| <i>Noemí Espinoza Madrid</i>  |     |
| <b>Reseña bibliográfica</b>   |     |
| Contra la desigualdad. Contribuciones para un discurso de emancipación social .....   | 231 |
| <i>Jorge Martínez Pizarro</i>   |     |

# Modelos de estimación de la mortalidad y la esperanza de vida de los municipios pequeños de Minas Gerais: enfoque en dos etapas<sup>1</sup>

Denise Helena França Marques<sup>2</sup>

Igor Augusto Tadeu de Souza<sup>3</sup>

Tatiana Cunha e Silva Arteaga<sup>4</sup>

Valéria Andrade Silva<sup>5</sup>

Recibido: 11/04/2024

Aceptado: 17/05/2024

## Resumen

Este trabajo presenta un modelo en dos etapas para estimar las tasas de mortalidad y la esperanza de vida al nacer en los municipios de Minas Gerais (Brasil) con menos de 20.000 habitantes en 2022. El primero, TOPALS ajustado I, emplea la estandarización indirecta basada en las tablas de supervivencia de las Regiones Geográficas Intermedias (RGInt). El segundo, TOPALS ajustado II, utiliza las tablas de clústeres de renta como estándar. Ambos modelos generan estimaciones con baja variabilidad entre

<sup>1</sup> Los autores agradecen a la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) el apoyo prestado durante la elaboración de este trabajo.

<sup>2</sup> Denise Helena França Marques es Economista, Doctora en Demografía por la Universidad Federal de Minas Gerais (Brasil) e Investigadora de la Fundación João Pinheiro. Correo electrónico: denise.maia@fjp.mg.gov.br.

<sup>3</sup> Igor Augusto Tadeu de Souza es Licenciado en Sistemas de Información por la Pontificia Universidad Católica de Minas Gerais e Investigador de la Fundación João Pinheiro. Correo electrónico: igor.souza@fjp.mg.gov.br.

<sup>4</sup> Tatiana Cunha e Silva Arteaga es Magíster en Estudios de Población e Investigación Social por la Escuela Nacional de Ciencias Estadísticas (ENCE)/Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y Doctoranda en Demografía en el Centro de Desarrollo y Planificación Regional (CEDEPLAR) de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG). Correo electrónico: tatiana.arteaiga@fjp.mg.gov.br.

<sup>5</sup> Valéria Andrade Silva es Magíster en Economía por la Universidad Federal de Sergipe, Doctoranda en Economía en el Centro de Desarrollo y Planificación Regional (CEDEPLAR) de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) e Investigadora becada de la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) en la Fundación João Pinheiro. Correo electrónico: valeria.silva@fjp.mg.gov.br.

las 13 RGInt y coeficientes de variación aceptables. No obstante, no se encontró una relación clara entre la esperanza de vida y el desarrollo socioeconómico. Se sugiere que los errores en la declaración de la edad, que subestiman la mortalidad entre los 50 y 55 años, podrían distorsionar las curvas de defunciones en áreas más grandes, afectando las estimaciones de esperanza de vida en los municipios pequeños.

**Palabras clave:** mortalidad, tasa de mortalidad, promedio de vida, análisis demográfico, modelos matemáticos, dinámica de la población, estadísticas demográficas, Brasil.

## Abstract

This paper presents a two-stage model to estimate mortality rates and life expectancy at birth in municipalities in Minas Gerais (Brazil) with less than 20,000 inhabitants in 2022. The first stage, TOPALS adjusted I, uses indirect standardization based on intermediate geographical regions (RGInt) life tables. The second, TOPALS adjusted II, uses income cluster tables as a standard. Both models generate estimates with low variability among the 13 regions and acceptable coefficients of variation. However, no clear relationship was found between life expectancy and socioeconomic development. We suggest that age misreporting, which underestimates mortality between ages 50 and 55, could distort mortality curves in larger areas, affecting life expectancy estimates in small municipalities.

**Keywords:** mortality, death rate, life expectancy, demographic analysis, population dynamics, mathematical models, demographic statistics, Brazil.

## Résumé

Cet article présente un modèle en deux volets pour estimer les taux de mortalité et l'espérance de vie à la naissance dans les villes du Minas Gerais (Brésil) comptant moins de 20 000 habitants en 2022. Le premier, TOPALS I ajusté, utilise une standardisation indirecte basée sur les tables de survie des régions géographiques intermédiaires (RGInt). Le second, TOPALS II ajusté, repose sur des tables de groupes de revenus. Les deux modèles génèrent des estimations avec une faible variabilité entre les 13 RGInt et des coefficients de variation acceptables. Cependant, aucune relation évidente n'a été trouvée entre l'espérance de vie et le développement socioéconomique. Il est suggéré que la déclaration erronée de l'âge, qui sous-estime la mortalité entre 50 et 55 ans, pourrait fausser les courbes de mortalité dans les plus grandes régions et influencer sur les estimations de l'espérance de vie dans les petites villes.

**Mots clés :** mortalité, taux de mortalité, espérance de vie, analyse démographique, modèles mathématiques, dynamique de la population, statistiques démographiques, Brésil.

## Introducción

Conocer los niveles y patrones de mortalidad desagregados espacialmente es esencial para comprender la dinámica demográfica y para planificar y aplicar políticas sociales.

A primera vista, se trata de una tarea sencilla teniendo en cuenta los datos que son necesarios: el número total de defunciones y la población por edades. Sin embargo, cuando se trata de áreas pequeñas, la literatura ha demostrado lo variables e inestables que son las tasas de mortalidad por lo que se hace necesario suavizarlas y ajustarlas en función de un estándar más fiable. Esto puede llevarse a cabo mediante métodos demográficos y estadísticos.

En el Brasil, la esperanza de vida al nacer para ambos sexos ha evolucionado significativamente. Mientras en 1950 era inferior a 50 años, en 2021 ya había pasado a ser de 74,1 años, lo que supone un aumento de alrededor del 56,7% (PNUD, 2023). Este avance puede atribuirse a diversos factores, como el mayor acceso a los servicios sanitarios, la expansión y mejora de la infraestructura de servicios básicos como el abastecimiento de agua y el saneamiento, y los programas de transferencia de ingresos para mitigar la pobreza, entre otros. El estado de Minas Gerais muestra la misma tendencia de aumento de la esperanza de vida al nacer que el país en conjunto, y de hecho registró una estimación superior al promedio nacional en 2021: 75,7 años.

Aunque calcular la esperanza de vida al nacer es relativamente fácil cuando se conocen los conceptos y fórmulas de una tabla de supervivencia, la tarea se vuelve compleja cuando se trata de áreas geográficas más pequeñas. Esto ocurre cuando se considera la distribución de la población por edades o grupos de edad, ya que su composición puede variar sustancialmente, lo que hace que las estimaciones de la esperanza de vida sean más sensibles a estas diferencias.

Por otro lado, la escasez de datos sobre el número total de defunciones, que tiende a ser bajo en las zonas con menor población, supone otro reto. Además, en estos lugares la infraestructura para registrar las defunciones e incluso la población puede ser deficiente, lo que conlleva que no se notifiquen todas las defunciones y que haya errores en la declaración de la edad. Estos factores aumentan la incertidumbre y dan lugar a estimaciones de las tasas de mortalidad inexactas.

La precisión de los datos sobre mortalidad siempre se ha visto obstaculizada por la mala calidad de la información disponible. Los problemas como el subregistro de defunciones y los errores en la declaración de la edad son comunes en los países en desarrollo (Lima y Queiroz, 2011; Queiroz y otros, 2017; Jacques, Monteiro-da-Silva y Guimarães, 2019). Cabe la posibilidad de que las defunciones no se registren de forma oficial debido a sistemas de registro civil débiles o inexistentes, lo que conduce a una subestimación significativa de las tasas de mortalidad. Además, los errores en la declaración de la edad —como la preferencia por ciertos dígitos o el incremento de la edad— afectan a la exactitud de las estadísticas de mortalidad y pueden distorsionar los análisis demográficos y epidemiológicos (Jacques, Monteiro-da-Silva y Guimarães, 2019).

A lo largo de los años, el Brasil ha realizado importantes inversiones en el sistema público de salud, lo que ha supuesto una mejoría en la calidad de los datos y un aumento en la exhaustividad de los recuentos de defunciones del 80% entre 1980 y 1991 al 95%

entre 2000 y 2010 (Lima y Queiroz, 2014). La declaración de la edad también mostró mejoras significativas entre 1996 y 2015, y ya se considera fiable (Queiroz y otros, 2017). Según Paes (2005), en 2000 la mayoría de los estados brasileños tenía ya una cobertura de los datos de calidad satisfactoria para ambos sexos.

A pesar de estas mejorías, Lima y Queiroz (2014) señalan que los avances en la calidad de los datos no se han producido de manera uniforme en todo el país, y las regiones Norte y Nordeste son las que muestran un avance más lento. Estas diferencias también se observan en Minas Gerais: Lima y Queiroz (2011) muestran que el nivel de calidad de los registros en las zonas norte y nordeste del estado es bajo, mientras que en las demás zonas es mayor. El subregistro de defunciones siguió la misma tendencia observada para el Brasil: el nivel de cobertura aumentó del 77% en 1980 al 91% en 2007.

Otra preocupación sobre la calidad de los registros de defunciones surgió en el contexto de la pandemia de COVID-19, entre marzo de 2020 y el 2 de septiembre de 2022, período en el que se produjeron cambios en el patrón de mortalidad con las más de 680.000 muertes causadas por el coronavirus en el Brasil hasta el 2 de septiembre de 2022 (Mathieu y otros, 2020). Estos cambios, junto con las diferencias regionales del país, han suscitado dudas sobre la coherencia y fiabilidad de los datos.

La calidad de los datos del registro de defunciones pudo haberse visto afectada por dos mecanismos principales: el aumento del número de defunciones y la clasificación de la causa subyacente de la muerte. En su estudio, Marques, Nogueira y Faria (2021) llaman la atención sobre las discrepancias encontradas entre el número total de muertes y las muertes divididas por causas en el Sistema de Información de Vigilancia Epidemiológica de la Gripe (SIVEP-Gripe), en el Portal Coronavirus y en el Portal de Transparencia del Registro Civil (PTRC) para el Brasil en el período de 2019 y 2020. Los autores muestran que, durante casi todo el período, el volumen de defunciones por COVID-19 es mayor en el Portal del Coronavirus que en las demás bases de datos y que, debido a las diferencias observadas, no es posible saber con certeza qué base de datos se debe utilizar para observar la mortalidad.

Estos cambios pueden dar lugar a un exceso de muertes, que es la diferencia entre el número total de defunciones por todas las causas registradas en una región durante un acontecimiento determinado, como una pandemia, y el número esperado de muertes calculado a partir de datos históricos (Karlinsky y Kobak, 2021).

Según Karlinsky y Kobak (2021), el exceso de muertes en el Brasil entre 2020 y 2021 fue de 500.000 (al 31 de mayo de 2021), superado únicamente por los Estados Unidos, que registró un exceso de muertes de 640.000 (al 6 de junio de 2021). La relación entre el exceso de mortalidad y el recuento de muertes por COVID-19 notificadas oficialmente en la misma fecha fue de 1,1 para el Brasil, lo que indica una subnotificación de los registros de defunciones por COVID-19.

Silva y Oliveira (2023) estimaron el exceso de mortalidad por grupos de edad en 2020 y 2021 para el Brasil y sus regiones. Los autores constataron que, entre los grupos de edad más afectados, el de 40 a 59 años tuvo un exceso de muertes muy por encima de los límites esperados para el período. El grupo de 0 a 9 años, en cambio, tuvo un número de defunciones

observadas inferior al esperado, lo que dio lugar a un exceso negativo. Esto sugiere que el COVID-19 no desempeñó un papel significativo en la mortalidad de este grupo de edad.

Orellana y otros (2021) también estimaron el exceso de muertes y sus diferencias en adultos de 20 años o más en Manaus (Amazonas), Fortaleza (Ceará), Río de Janeiro y São Paulo. El mayor exceso de muertes se produjo en Manaus y fue mayor entre los hombres, lo que sugiere una subnotificación elevada de las muertes por COVID-19.

Los mayores excesos de defunciones en 2020 se observaron en las capitales de las regiones Norte (Manaos (Amazonas), y Belém (Pará)), Nordeste (Fortaleza (Ceará), y Recife (Pernambuco)) y Sudeste (Río de Janeiro y São Paulo). Estos excesos se registraron en ambos sexos, pero también fueron mayores entre los hombres. En Minas Gerais, el exceso de muertes entre los hombres fue de 555 en la capital y 103 en los municipios, mientras que el exceso entre las mujeres fue de 484 en la capital y 97 en los municipios (Silva, Jardim y Santos, 2020).

La capacidad para registrar las defunciones puede variar mucho de una región a otra, especialmente durante la pandemia de COVID-19, cuando las desigualdades socioeconómicas se hicieron más evidentes. La pandemia ejerció presión sobre los sistemas sanitarios de todos los estados, independientemente de su nivel de desarrollo. Incluso en las zonas con mejores infraestructuras, la gran demanda de servicios sanitarios y la necesidad de adaptar rápidamente los protocolos pudieron haber causado deficiencias en la recopilación y el registro de los datos sobre mortalidad. Aun así, el subregistro y los retrasos en el registro de las muertes pudieron haber sido más comunes en las regiones menos desarrolladas.

Tanto la literatura nacional como la internacional han puesto de manifiesto la variabilidad e inestabilidad de las estimaciones de las tasas de mortalidad en las áreas pequeñas, lo que justifica la necesidad de aplicar alguna técnica o método, demográfico o estadístico, para corregirlas, ajustarlas o estabilizarlas.

Los métodos comúnmente utilizados para ello y de fácil operatividad consisten en la agregación de la población y las defunciones durante un período largo de tiempo o en la agregación territorial, hasta alcanzar un límite mínimo de acontecimientos y personas expuestas al riesgo que se desea estudiar, o bien en utilizar la relación de personas por año en los denominadores de las tasas. Otros métodos más sofisticados consisten en elegir patrones de curvas adecuados para aplicar modelos relacionales, estandarización, y técnicas de regresión y de suavización de tasas, especialmente modelos bayesianos.

Eayres y Williams (2004) evaluaron las metodologías de cálculo de la esperanza de vida al nacer de los hombres en los distritos electorales ingleses en el período de 1998 a 2000 y establecieron un límite de 5.000 personas por año como punto mínimo aceptable para calcular las estimaciones de forma fiable. Si este umbral no se alcanzase, los autores sugieren agregar los datos geográficamente o a lo largo del tiempo, sobre todo si se necesita calcular la esperanza de vida específica por sexo. No obstante, subrayan que, aunque la agregación temporal es más sencilla, plantea dudas sobre la exactitud de las estimaciones de los años de riesgo de la población. En el caso de la agregación espacial, en cambio, se pierde el objetivo de estimar indicadores de longevidad para zonas específicas.

Olatunde, White y Smith (2010), para calcular la esperanza de vida al nacer y la esperanza de vida sana de áreas pequeñas inglesas, con un tamaño medio de 7.200 habitantes, también indicaron un mínimo de 5.000 personas por año para obtener estimaciones fiables y que no se vieran afectadas por la ausencia de defunciones en determinados grupos de edad. Así, los autores agruparon cinco años de datos de mortalidad y multiplicaron los datos de población por cinco con el objetivo de alcanzar el tamaño mínimo de la muestra necesario para calcular estimaciones fiables. Kulkarni y otros (2011), por su parte, para calcular las tablas de vida por sexo y raza de los condados estadounidenses entre los años 2000 y 2007, agruparon condados contiguos hasta alcanzar las 7.000 personas, límite mínimo que, según ellos, proporciona un error de estimación aceptable.

Para estimar la esperanza de vida al nacer de todos los municipios brasileños con una población de 30.000 habitantes o menos, PNUD (2005) utilizó una técnica indirecta combinada con una estandarización indirecta, tomando prestada la función de mortalidad de los hijos de mujeres de entre 20 y 39 años de las microrregiones en las que se encontraban los municipios. Paredes y Silva (2017), aplicaron el método de Swanson, un modelo de regresión no lineal, para estimar la esperanza de vida al nacer de los municipios mexicanos en 2010, y señalaron que el modelo no funciona bien con poblaciones envejecidas (con más del 20% de habitantes de 65 años o más) ni con regiones con menos de 50 muertes, en cuyo caso es necesario agregarlas. Schmertmann y Gonzaga (2018), en cambio, propusieron un modelo de regresión bayesiana que aborda específicamente los problemas fundamentales de la estimación de la mortalidad en áreas pequeñas de países con registros potencialmente defectuosos. El modelo suaviza la tasa específica de mortalidad (TEM) en muestras pequeñas, al tiempo que tiene en cuenta la incertidumbre sobre la fiabilidad del registro de las defunciones.

El método TOPALS también se ha utilizado ya para estimar y suavizar las TEM de áreas pequeñas. Gonzaga y Schmertmann (2016) y Schmertmann y Gonzaga (2018) adaptaron el método de De Beer (2012) para los municipios brasileños en 2010 y muestran que su flexibilidad es útil para estimar la TEM en regiones con diferentes grados de urbanización y de exhaustividad de los registros. El método es poco sensible a la elección de la tabla de supervivencia estándar y, por lo tanto, permite suavizar las curvas de mortalidad de las áreas pequeñas sin imponer un supuesto fuerte en cuanto a la tabla de supervivencia elegida como estándar.

Ante esta gran diversidad de métodos para calcular los indicadores de longevidad de las áreas pequeñas, este estudio tiene como objetivo presentar un modelo en dos etapas para estimar la TEM, y la consiguiente esperanza de vida al nacer, de los municipios de Minas Gerais con 20.000 habitantes o menos en el año 2022. Ambos modelos utilizan el método TOPALS, seguido de una estandarización indirecta para ajustar el nivel de las curvas de mortalidad. Esta estandarización indirecta se hizo necesaria debido al amplio rango de esperanza de vida al nacer y a los altos valores de los coeficientes de variación estimados directamente mediante el método TOPALS, especialmente en los municipios muy

pequeños<sup>6</sup>. El modelo TOPALS ajustado I utiliza las Regiones Geográficas Intermedias<sup>7</sup> (RGInt) de Minas Gerais como tabla de supervivencia estándar, mientras que el modelo TOPALS ajustado II utiliza 12 clústeres de renta per cápita.

Partiendo del supuesto de que los modelos TOPALS ajustado I y II pueden estimar con éxito la esperanza de vida al nacer de los municipios pequeños de Minas Gerais, la hipótesis que se pretende comprobar en este trabajo es si las estimaciones generadas por ambos modelos están vinculadas a las condiciones socioeconómicas de las poblaciones municipales, reflejadas en el Índice Minero de Responsabilidad Social (IMRS).

El artículo se divide en cuatro secciones, además de esta Introducción. En la sección siguiente se presenta el marco teórico de los métodos de estimación de los indicadores de longevidad para las áreas pequeñas del Brasil. A continuación, se presentan los dos modelos propuestos, que utilizan las tablas de supervivencia de las Regiones Geográficas Intermedias y los clústeres de ingresos para operativizar el método TOPALS, que va acompañado de una estandarización indirecta. La cuarta sección presenta los resultados de la esperanza de vida al nacer de los municipios de Minas Gerais de 20.000 habitantes o menos, los coeficientes de variación, y un análisis de las estimaciones por RGInt. Se plantea además la hipótesis de que la existencia de errores sistemáticos en las declaraciones de edad pueda ser la explicación de las incoherencias de algunas de las estimaciones. Por último, se exponen las consideraciones finales, que resumen el trabajo y destacan la importancia de corregir los datos básicos para construir las tablas de supervivencia estándar antes de utilizar los modelos aquí propuestos. La agregación de datos para zonas más extensas da la falsa impresión de minimizar errores que, dependiendo de su naturaleza, permanecen en las estimaciones e interfieren en los resultados.

## A. Marco teórico

En la literatura especializada, la necesidad de considerar métodos estadísticos y matemáticos para calcular los indicadores de las áreas pequeñas está muy extendida. La variabilidad de los datos de un período a otro, debida a la baja ocurrencia del fenómeno observado y, en el caso de algunas regiones, al subregistro y la dudosa calidad de los registros, han planteado retos que requieren soluciones sofisticadas que van mucho más allá de promedios y cálculos aritméticos.

Existe un amplio abanico de métodos para calcular la TEM de las áreas pequeñas. Las propuestas presentadas por algunos autores pasan simplemente por agregar los datos de personas y defunciones durante un período de tiempo largo hasta alcanzar un umbral

<sup>6</sup> A título ilustrativo, Cedro do Abaeté y Morro do Pilar, que en 2022 contaban con una población de 1.081 y 3.133 habitantes respectivamente, fueron los municipios de Minas Gerais con el menor y mayor índice de esperanza de vida al nacer (57,2 años y 86,8 años), estimado mediante el método TOPALS y tomando las RGInts como estándar. Los coeficientes de variación fueron del 15% y del 8% respectivamente.

<sup>7</sup> Las Regiones Geográficas Intermedias (RGInt) son agrupaciones de las Regiones Geográficas Inmediatas (RGI) que se articulan en torno a la influencia de una metrópoli, capital regional o centro urbano. Las RGI, por su parte, son agrupaciones de municipios cuya referencia principal es la red urbana y tienen como base un centro urbano local, según el análisis del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

mínimo de personas por grupo de edad; por usar la relación de personas por año en los denominadores de las tasas (Eayres y Williams, 2004; Olatunde, White y Smith, 2010; Congdon, 2014; Gonzaga y Schmertmann, 2016); por llevar a cabo una estandarización indirecta de las tasas de mortalidad (PNUD, 2005), e incluso por aplicar técnicas de regresión (Paredes y Silva, 2017) y usar modelos bayesianos que permiten suavizar las tasas (Schmertmann y Gonzaga, 2018).

Cabe señalar que algunos de estos estudios se realizaron para el Brasil donde, a pesar de los avances en materia de cobertura y calidad de la recolección de datos, todavía cuenta con deficiencias en los registros de algunas regiones, lo que afecta a las estimaciones, que no reflejan de manera fidedigna la realidad que pretenden retratar (Queiroz y Sawyer, 2012; Queiroz y otros, 2017).

Además, en 2022 un cuarto de los municipios brasileños tenía 5.000 habitantes o menos y, según Justino, Freire y Lucio (2012), los municipios pequeños son los que se ven más afectados por el subregistro, debido a su peso con relación a los registros.

Estos autores aplicaron el método del estimador bayesiano empírico y el algoritmo de maximización de expectativas para estimar y corregir el subregistro de defunciones en los municipios de Rio Grande do Norte en 2000, y demostraron que no había grandes diferencias entre los métodos. En ambos casos, los resultados mostraron variabilidad intraestatal en el grado de cobertura de los datos de mortalidad: la mayor calidad se registró en los municipios más grandes y urbanizados y la menor entre la población adulta joven de 15 a 34 años.

Según Schmertmann y Gonzaga (2018), los modelos bayesianos son bastante adecuados para estimar la mortalidad de las áreas pequeñas con datos deficientes. Estos modelos consideran una distribución *a priori* de los parámetros de interés y, a partir de la distribución de los datos observados, identifican una distribución *a posteriori*. El enfoque bayesiano utiliza información probabilística para determinar la probabilidad de cobertura de los registros de defunciones. Estos modelos se consideran flexibles y pueden acomodar una amplia variedad de estructuras y distribuciones de errores. Además, reconocen las correlaciones —denominadas fuerzas— entre los distintos datos (grupos de edad, zonas geográficas, sexos, entre otros) y, en el caso concreto de la mortalidad, toman prestadas estas fuerzas para estabilizar las estimaciones de la esperanza de vida al nacer o de las tasas de mortalidad.

En este contexto, los autores desarrollaron un modelo de regresión bayesiana para estimar y suavizar la TEM de las microrregiones brasileñas y le añadieron el grado de cobertura de los registros de defunciones por grupos de edad. Combinaron el conocimiento probabilístico previo sobre los registros de defunciones con un modelo estadístico que relaciona los datos de mortalidad, la cobertura y la exposición. Además, utilizaron el modelo TOPALS para ajustar posteriormente algunos de los parámetros del modelo.

El modelo TOPALS ya había sido utilizado por Gonzaga y Schmertmann (2016) para estimar la TEM de las microrregiones de Minas Gerais en 2010. Los autores probaron y confirmaron la hipótesis de que las áreas con diferentes grados de urbanización, aunque estén cerca entre sí, tienen diferentes patrones de mortalidad, y que estas diferencias pueden

ser capturadas por el método, ya que, incluso utilizando áreas mayores como estándar, brinda flexibilidad para las estructuras de mortalidad de las áreas más pequeñas.

Gonzaga y Schmertmann (2016) propusieron una regresión de Poisson, basada en el modelo presentado por De Beer (2012), para suavizar los perfiles de edad de las TEM utilizando *splines* lineales, que son funciones polinómicas segmentadas empleadas para ajustar los datos en segmentos lineales, en lugar de una única función polinómica. Esta suavización permite modelizar los cambios en las tasas de mortalidad con mayor flexibilidad y minimizar así las fluctuaciones irregulares de las tasas.

La combinación del modelo TOPALS con la regresión de Poisson permite crear un modelo más complejo que tiene en cuenta la suavización y su vinculación con otras variables (Gonzaga y Schmertmann, 2016).

Gonzaga y Schmertmann (2016) comparan el logaritmo de las TEM de las microrregiones localizadas en la Región Metropolitana de Belo Horizonte generadas por el modelo TOPALS con las de la estandarización indirecta y destacan el avance del primero frente al segundo, teniendo en cuenta el supuesto de homogeneidad de la estructura de mortalidad impuesto por la estandarización.

Para tratar la cuestión de las áreas pequeñas y el subregistro de defunciones, PNUD (2005), como parte del “Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil”, utilizó la técnica indirecta de Brass (1975) para generar tablas de supervivencia completas para todos los municipios brasileños para los años 2000 y 2010. El autor desarrolló un método para estimar la probabilidad de muerte desde el nacimiento hasta la edad adulta joven, utilizando los datos de período relativos a los hijos sobrevivientes de mujeres de determinada edad. Con esta información, es posible llegar al número de supervivientes a las edades exactas de 2, 3 y 5 años y, por consiguiente, hallar las probabilidades de muerte infantil y juvenil, lo que permite generar una tabla de supervivencia completa a partir de una tabla de supervivencia de referencia o estándar mediante un modelo relacional.

Con las tablas de supervivencia municipales, PNUD (2005) llevó a cabo una estandarización indirecta, tomando prestada la función de mortalidad de los hijos de mujeres entre 20 y 39 años en las microrregiones de Minas Gerais. Según PNUD (2005), la restricción etaria adoptada en dicha estandarización fue una forma de eliminar los factores que pudieran interferir con la información censal, como la sobremortalidad de los hijos de las mujeres entre 15 y 19 años, en comparación con las mujeres de otras edades, y la tendencia a subregistrar a los hijos de las mujeres mayores.

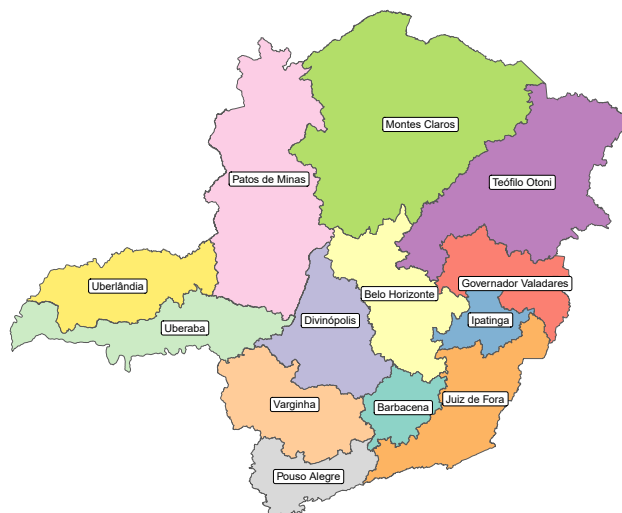
## B. Metodología

En este estudio, las TEM municipales se calcularon directamente utilizando los datos de mortalidad del Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM) del Ministerio de Salud relativos a los años 2021, 2022 y 2023, y los datos de población del Censo Demográfico de 2022, ambos por grupos quinquenales de edad.

A continuación, se aplicó el método TOPALS para suavizar las TEM municipales tomando como estándar por un lado la estructura de mortalidad de las RGInt de Minas Gerais —método denominado en este trabajo modelo TOPALS ajustado I (véase el mapa 1)— y, por otro, la estructura de mortalidad de 13 clústeres de renta<sup>8</sup> ( $k=13$ )—llamado modelo TOPALS ajustado II—, agrupados por población, renta promedio per cápita de los municipios a 1 de agosto de 2010, y un tamaño poblacional de 300.000 habitantes como mínimo para cada grupo considerado (véanse el mapa 2 y el cuadro 1).

Mapa 1

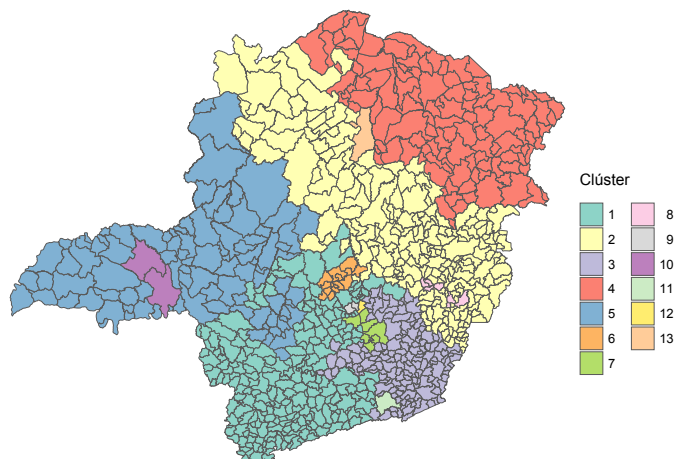
### Minas Gerais: agrupación de los municipios por Regiones Geográficas Intermedias



**Fuente:** Elaboración propia.

Mapa 2

### Minas Gerais: agrupación de los municipios por clústeres de renta promedio per cápita, 2010



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>8</sup> Los microdatos del Censo Demográfico de 2022 no estaban disponibles cuando se redactó el presente trabajo.

Cuadro 1  
**Minas Gerais: renta promedio per cápita, tamaño de la población  
 y número de municipios de cada clúster, 2010**

| Clúster | Renta promedio per cápita, 2010<br>(En reales) | Población | Número de municipios |
|---------|--|-----------|----------------------|
| 1       | 576,76   | 5 525 370 | 245                  |
| 2       | 379,28   | 2 502 331 | 210                  |
| 3       | 482,05   | 2 177 098 | 154                  |
| 4       | 302,31   | 1 566 558 | 117                  |
| 5       | 673,91   | 2 085 380 | 95                   |
| 6       | 553,16   | 324 488   | 14                   |
| 7       | 935,03   | 502 033   | 7                    |
| 8       | 736,34   | 501 406   | 4                    |
| 9       | 742,43   | 1 033 709 | 2                    |
| 10      | 989,73   | 1 051 060 | 2                    |
| 11      | 1 050,88                                       | 540 756   | 1                    |
| 12      | 1 497,29                                       | 2 315 560 | 1                    |
| 13      | 650,62   | 414 240   | 1                    |

**Fuente:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), "Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil", 2013 [en línea] [www.atlasbrasil.org.br](http://www.atlasbrasil.org.br).

El clúster con el nivel de renta más bajo fue el número 4, con una renta promedio per cápita de 302,00 reales, una población de 1,6 millones de personas, compuesto por 117 municipios y que abarca la parte más septentrional de la RGInt de Montes Claros y la totalidad de la RGInt de Teófilo Otoni. El clúster 2, que sigue al 4, abarca las RGInt de Governador Valadares, Ipatinga, y algunos municipios de las RGInt de Belo Horizonte y Patos de Minas, posee una renta per cápita de 380,00 reales, cuenta con una población de 2,5 millones de habitantes y está formado por 210 municipios.

Por otro lado, los clústeres con el nivel más alto de renta per cápita fueron el número 12, que corresponde al municipio de Belo Horizonte, y el número 11, que corresponde al municipio de Juiz de Fora. Su renta promedio per cápita era de 1.497,00 reales y 1.051,00 reales en 2010, y contaban con una población de 2,3 millones y 500.000 habitantes, respectivamente.

Los clústeres se generaron con el *software* R (R Core Team, 2023), utilizando el algoritmo SKATER (Assunção y otros, 2006) implementado en el paquete rgeoda (Li y Anselin, 2023).

El método matemático TOPALS utiliza un *spline* para modelizar la TEM de un área pequeña a partir del estándar suavizado de una región más amplia. La elección del estándar debe tener en cuenta las similitudes socioeconómicas, demográficas y sanitarias, entre otras, entre la región estudiada y la que se utilizará como estándar.

La fórmula (1) muestra el método TOPALS utilizando la regresión de Poisson propuesta por Gonzaga y Schmertmann (2016):

$$\lambda(\alpha) = \lambda^* + \beta\alpha \quad (1)$$

Donde

$\lambda(\alpha)$  es el logaritmo de la TEM del área más pequeña, ajustada mediante TOPALS;

$\lambda^*$  es el logaritmo de la TEM estándar (área más grande), que se utiliza para ajustar la TEM del área más pequeña;

$\beta$  es la matriz de constantes en las que cada columna es una función lineal  $\beta$ -spline

$\alpha$  es el vector de parámetros que representa los nudos del estándar elegido.

Una vez definidos los nudos, el siguiente paso es estimar la matriz  $\beta$  mediante la ecuación (2):

$$B_{x,k} = \left\{ \frac{x - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} \text{se } x E[t_{k-1}, t_k]; \frac{t_k - 1 - x}{t_{k+1} - t_k} \text{se } x E[t_k, t_{k+1}]; 0cc \right\} \quad (2)$$

Con esta parametrización,  $\alpha = (\lambda_x - \lambda_x^*)$ .

Los autores asumen que las muertes por edad siguen una distribución de Poisson,  $D_x \sim \text{Pois} [N_x \exp(\lambda_x(\alpha))]$ , donde la función de máxima verosimilitud viene dada por (3):

$$\log L(\alpha) = \text{constante} + \sum_x [D_x \lambda_x(\alpha) - N_x \exp(\lambda_x(\alpha))] \quad (3)$$

Para evitar malos ajustes, en los que la población es muy pequeña y, por tanto, también el número de muertes, Gonzaga y Schmertmann (2016) añadieron una penalización al término  $\log L(\alpha)$ , que aumenta a medida que los nudos del spline se suavizan.

La ecuación (4) muestra la función de máxima verosimilitud sin la constante, que no afecta al ajuste, y con la penalización mencionada.

$$Q(\alpha) = \text{constante} + \sum_x [D_x \lambda_x(\alpha) - N_x \exp(\lambda_x(\alpha))] - \sum_{k=0}^5 (\alpha_{k+1} - \alpha_k)^2 \quad (4)$$

La penalización no tiene ningún efecto sobre el ajuste en las zonas con un número moderado o elevado de muertes y exposición, pero estabiliza las estimaciones en las áreas pequeñas, ya que  $\alpha = (\lambda_x - \lambda_x^*)$  y  $\lambda(\alpha) = \lambda^* + \beta\alpha$ .

En comparación con el modelo propuesto por De Beer (2012), el modelo propuesto por Gonzaga y Schmertmann (2016) se ve más afectado por el estándar que por la TEM de las áreas pequeñas, ya que esta penalización aumenta a medida que los *splines* se suavizan. Además, el modelo ajustado sigue la metodología propuesta por De Beer (2012) y Gonzaga y Schmertmann (2016) para estimar las matrices  $\beta$  y  $\alpha$ .

En este trabajo, los *splines* lineales se definieron para los grupos de edad de 0 años, de 5 a 9 años, de 20 a 24 años, de 40 a 44 años y de 60 a 64 años, siguiendo la división de Sacco, Williams y Queiroz (2021), que modificaron el método para edades simples. Como los autores no corrigieron los subregistros y querían comparar los resultados entre las regiones estudiadas, consideraron grupos de edad de cinco años, como propone Wilson (2018).

Cabe señalar que la elección de estos nudos afecta a la suavización de las curvas de mortalidad, ya que pueden estar más próximos o distantes de la curva estándar. Los puntos no elegidos se suavizaron en función de estos *splines*, y se ajustaron más cuanto mayor era la distancia entre la TEM estándar y la de las zonas más pequeñas en cuestión.

Con los nuevos valores de las TEM municipales se calculó la tabla de supervivencia de los municipios y su consiguiente esperanza de vida al nacer. Sin embargo, debido a la amplitud de las estimaciones de la esperanza de vida al nacer y a los elevados valores de los coeficientes de variación, se procedió a realizar una estandarización indirecta del método TOPALS y se ajustaron así los niveles de las curvas de mortalidad generadas por dicho método mediante un factor constante K, que es el cociente entre las defunciones estandarizadas ( $D_x^{\text{estándar}}$ ) y estimadas mediante TOPALS ( $D_x^{\text{TOPALS}}$ ), tanto por las Regiones Geográficas Intermedias —TOPALS ajustado I— como por los clústeres de renta —TOPALS ajustado II— (ecuaciones (5) a (8)).

$$D_x^{\text{TOPALS}} = TEM_{\text{municipal}}^{\text{TOPALS}} * Pobi \quad (5)$$

$$D_x^{\text{estándar}} = TEM_{\text{RGInt/clúster}} * Pobi \quad (6)$$

$$\frac{D_x^{\text{estándar}}}{D_x^{\text{Topals}}} = K \quad (7)$$

$$TEM_{\text{municipal}}^{\text{estimada}} = TEM_{\text{municipal}}^{\text{TOPALS}} * K \quad (8)$$

Donde  $Pobi$  es la población de los municipios;  $TEM_{\text{municipal}}^{\text{TOPALS}}$  es la tasa de mortalidad específica de los municipios estimada mediante el método TOPALS;  $TEM_{\text{RGInt/clúster}}$  es la tasa de mortalidad específica de las Regiones Geográficas Intermedias o los grupos de renta, y  $TEM_{\text{municipal}}^{\text{estimada}}$  es la tasa de mortalidad específica final estimada de los municipios.

Con los valores de  $TEM_{\text{municipal}}^{\text{estimada}}$  se calcularon las tablas de supervivencia municipales mediante el método de Chiang (1960).

## C. Resultados y análisis

Minas Gerais es el estado brasileño con el mayor número de municipios (un total de 853), el mayor de los cuales es su capital, Belo Horizonte, que está situada en la RGInt del mismo nombre y contaba con 2,3 millones de habitantes en 2022, mientras que el menor es Serra da Saudade, en la RGInt de Divinópolis, cuya población asciende a tan solo 833 residentes.

El estado de Minas Gerais, puesto que cuenta con un gran número de municipios con una población de 20.000 habitantes o menos —que en 2022 representaban el 78% del total (véase el cuadro 2)—, supone un reto a la hora de calcular los indicadores socioeconómicos, demográficos y sanitarios.

Cuadro 2

**Minas Gerais: número absoluto y relativo de municipios de 20.000 habitantes o menos, por tamaño de la población, 2022**

| Tamaño de la población                     | Número absoluto | Porcentaje |
|--|-----------------|------------|
| Hasta 5.000                                | 247             | 37,0       |
| Entre 5.000 y 10.000 habitantes            | 235             | 35,2       |
| Entre 10.000 y 15.000 habitantes           | 134             | 20,1       |
| Entre 15.000 y 20.000 habitantes           | 51              | 7,6        |
| Total                                      | 667             | 78,2       |
| Número total de municipios en Minas Gerais | 853             | 100,0      |

**Fuente:** Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022.

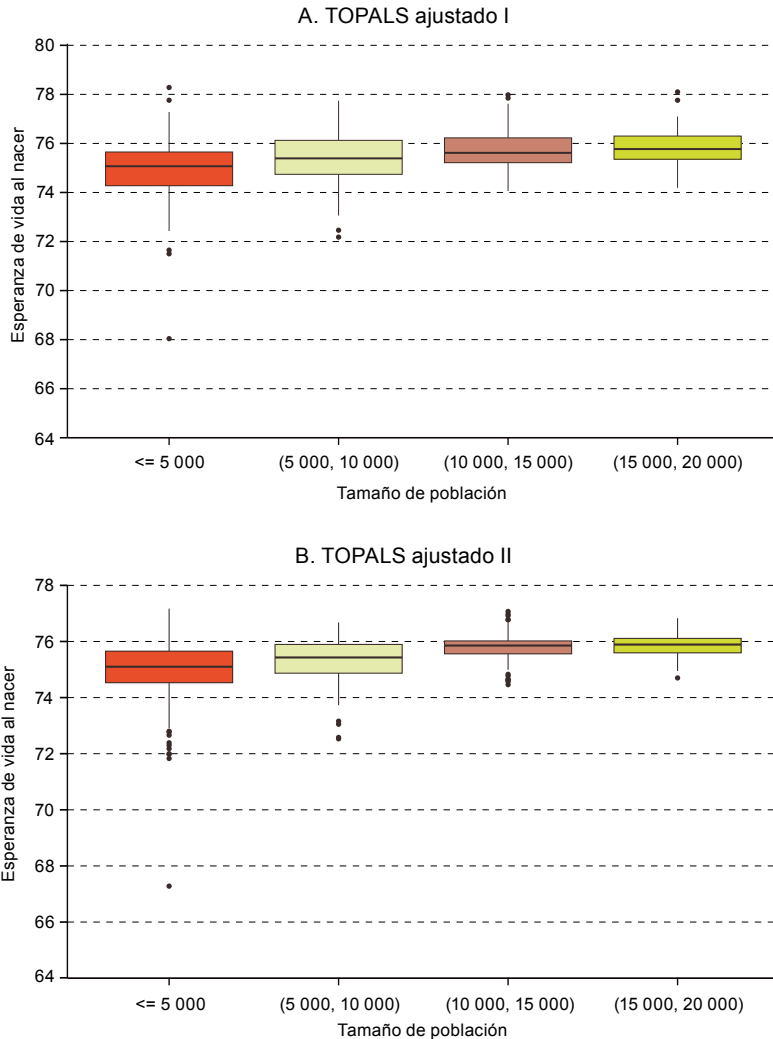
A esto se suman las desigualdades regionales en cuanto a renta per cápita, nivel de escolaridad, servicios sanitarios y servicios básicos de saneamiento, entre otros, que tienen un impacto directo no solo en la magnitud de la esperanza de vida al nacer sino también en la calidad de los registros de defunción e incluso de población y, por lo tanto, en el cálculo de los indicadores de longevidad.

Según el IBGE (2023), Minas Gerais presentó un subregistro de defunciones en la base de datos del SIM de alrededor del 1,5% en 2020 y en 2021. Las RGInt con los porcentajes más altos de subregistro, Teófilo Otoni y Governador Valadares, tenían también los peores indicadores socioeconómicos.

Los gráficos 1A y 1B muestran la variabilidad de la esperanza de vida al nacer en los diferentes municipios, según el tamaño de la población, estimada mediante los modelos TOPALS ajustado I y ajustado II, respectivamente. Los datos muestran que hay poca diferencia entre ambos modelos. El mayor rango en las estimaciones se observa entre los municipios pequeños, de 5.000 habitantes o menos, y el menor entre los municipios de entre 15.000 y 20.000 habitantes.

Según el modelo TOPALS ajustado I, la mayor esperanza de vida al nacer se registró en el municipio de Itambé do Mato Dentro (78,2 años), localizado en la RGInt de Belo Horizonte y con una población de 2.142 habitantes, mientras que la menor esperanza de vida al nacer se registró en Cedro do Abaeté (68,0 años), ubicado en la RGInt de Divinópolis y con una población de 1.081 residentes en 2022. Según el TOPALS ajustado II, en cambio, la mayor esperanza de vida al nacer se registró en Córrego do Bom Jesus (77,1 años), municipio localizado en la RGInt de Pouso Alegre y con una población de 4.272 personas, mientras que la menor también fue en Cedro do Abaeté (67,2 años).

Gráfico 1  
**Minas Gerais: esperanza de vida al nacer estimada mediante el modelo TOPALS ajustado I y TOPALS ajustado II, por tamaño de la población, 2022**

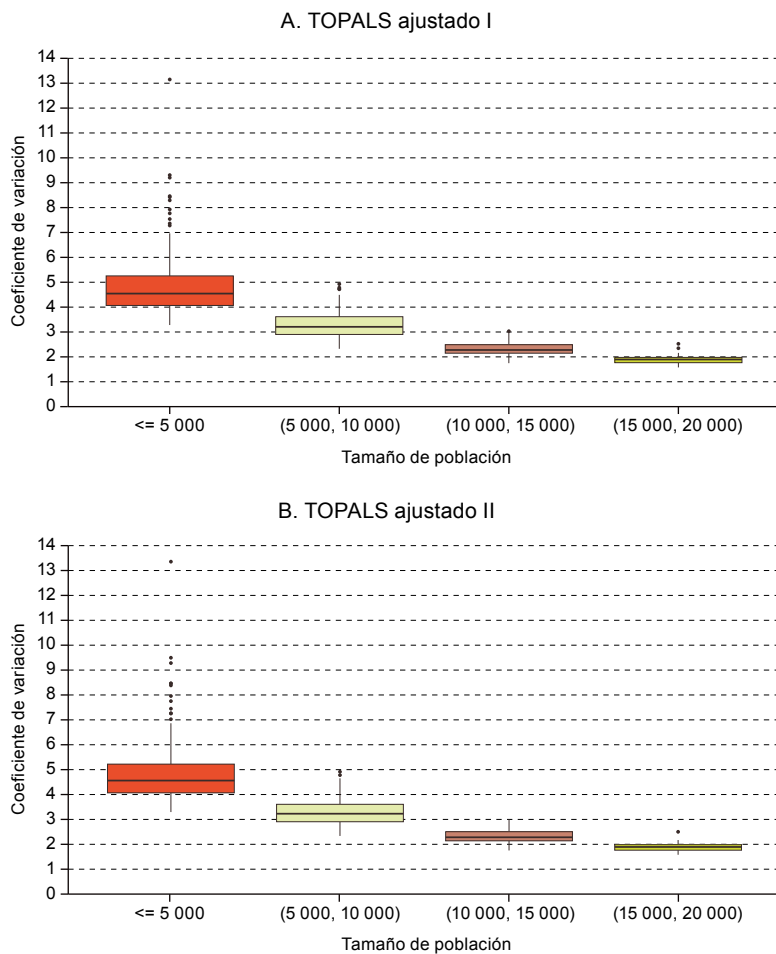


**Fuente:** Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022 y Ministerio de Salud, Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM), Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (DATASUS).

Los gráficos 2A y 2B muestran los coeficientes de variación de la esperanza de vida al nacer estimada mediante los dos métodos y revelan la buena precisión de las estimaciones, cuyos valores más altos se registraron en los municipios de 5.000 habitantes o menos y los más bajos en los municipios de 15.000 a 20.000 habitantes. Según el IBGE (2014), unos coeficientes de variación menores o iguales al 5% indican datos muy precisos, y entre el 5% y el 15%, datos precisos.

Gráfico 2

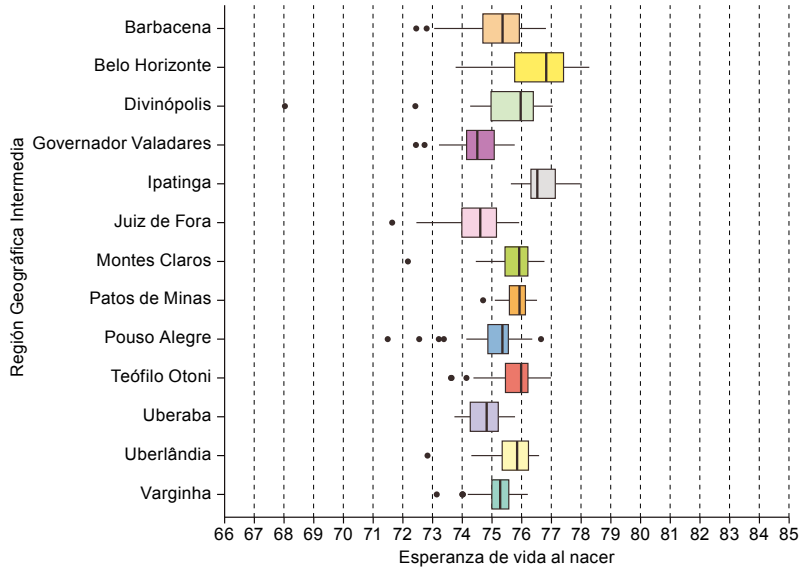
### Minas Gerais: coeficientes de variación de la esperanza de vida al nacer estimada mediante el modelo TOPALS ajustado I y TOPALS ajustado II, por tamaño de la población, 2022



**Fuente:** Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022 y Ministerio de Salud, Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM), Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (DATASUS).

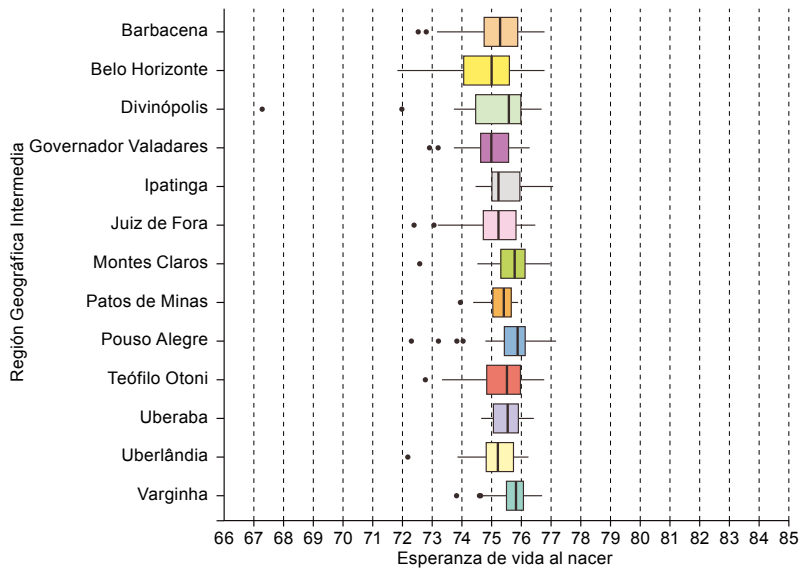
A primera vista, no parece haber mucha diferencia entre los métodos, por lo que ambos pueden utilizarse para calcular la esperanza de vida al nacer de los municipios pequeños de Minas Gerais. Sin embargo, los gráficos 3 y 4 muestran resultados discrepantes tanto dentro de las Regiones Geográficas Intermedias y como entre sí, además de algunas incoherencias en cuanto al nivel de mortalidad y el grado de desarrollo socioeconómico.

Gráfico 3  
**Minas Gerais: esperanza de vida al nacer estimada mediante el modelo TOPALS ajustado I, por Regiones Geográficas Intermedias, 2022**



**Fuente:** Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022 y Ministerio de Salud, Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM), Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (DATASUS).

Gráfico 4  
**Minas Gerais: esperanza de vida al nacer estimada mediante el modelo TOPALS ajustado II, por Regiones Geográficas Intermedias, 2022**



**Fuente:** Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022 y Ministerio de Salud, Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM), Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (DATASUS).

En general, los promedios de esperanza de vida al nacer resultaron mayores con el modelo TOPALS ajustado I que con el modelo TOPALS ajustado II. Con el primero, los valores más altos estimados se registraron en los municipios localizados en las RGInt de Belo Horizonte, Ipatinga y Uberlândia, mientras que los valores más bajos se hallaron en los municipios de las RGInt de Governador Valadares y Juiz de Fora. Con el modelo TOPALS ajustado II, en cambio, la mayor esperanza de vida al nacer se registró en los municipios de Pouso Alegre, Montes Claros y Varginha, y la menor también fue en Governador Valadares y Juiz de Fora.

Según la Fundación João Pinheiro (2020a), en 2020 los municipios de 20.000 habitantes o menos ubicados en las RGInt de Montes Claros y Teófilo Otoni registraron los promedios más bajos del Índice Minero de Responsabilidad Social (IMRS)<sup>9</sup> —de 0,552 y 0,554 respectivamente—, arrastrados por los promedios del subíndice de saneamiento, vivienda y medio ambiente y el de vulnerabilidad, ambos por debajo de 0,4 en la primera y en la dimensión de vulnerabilidad en la segunda. Los municipios de las RGInt de Pouso Alegre y Varginha presentaron los promedios más altos del IMRS —0,659 y 0,657 respectivamente—, regiones en las que los subíndices de salud y seguridad pública mostraron el mejor desempeño (véase el cuadro 3).

Cuadro 3

**Minas Gerais: promedios del Índice Minero de Responsabilidad Social y de la esperanza de vida al nacer estimados mediante los modelos TOPALS ajustado I y ajustado II, por municipios de 20.000 habitantes o menos, 2022**

| Región Geográfica Intermedia | Índice Minero de Responsabilidad Social | Promedios         |                    |
|------------------------------|---|-------------------|--------------------|
|                              |   | TOPALS ajustado I | TOPALS ajustado II |
| Barbacena                    | 0,644                                   | 75,44             | 75,43              |
| Belo Horizonte               | 0,621                                   | 77,50             | 75,71              |
| Divinópolis                  | 0,617                                   | 76,14             | 75,76              |
| Governador Valadares         | 0,578                                   | 74,58             | 75,15              |
| Ipatinga                     | 0,626                                   | 76,87             | 75,71              |
| Juiz de Fora                 | 0,629                                   | 74,80             | 75,42              |
| Montes Claros                | 0,552                                   | 76,04             | 75,96              |
| Patos de Minas               | 0,621                                   | 76,06             | 75,53              |
| Pouso Alegre                 | 0,659                                   | 75,45             | 75,96              |
| Teófilo Otoni                | 0,554                                   | 76,05             | 75,74              |
| Uberaba                      | 0,647                                   | 75,05             | 75,73              |
| Uberlândia                   | 0,630                                   | 76,17             | 75,68              |
| Varginha                     | 0,657                                   | 75,35             | 75,87              |

**Fuente:** Fundación João Pinheiro.

El IMRS es un buen parámetro de las condiciones de vida de la población, ya que retrata la responsabilidad social en la gestión pública estatal de los municipios de Minas Gerais, que se traduce en la existencia de políticas, planes, programas, proyectos y acciones

<sup>9</sup> El IMRS 2020 contempla los siguientes ámbitos: 1) Salud, 2) Educación, 3) Seguridad pública, 4) Vulnerabilidad, 5) Saneamiento y medio ambiente. Para calcular el IMRS, el promedio trienal de los indicadores seleccionados para cada ámbito se transforma en índices que van del 0 (peor) al 1 (mejor).

que garantizan el acceso de la población a la asistencia social, la educación, los servicios sanitarios, el empleo, la alimentación de calidad, la seguridad pública, la vivienda, el saneamiento, el transporte y el ocio (Fundación João Pinheiro, 2020b). Por ello, la expectativa es que la esperanza de vida al nacer en las RGInt con un IMRS más bajo sea menor en comparación con las que presenten valores más altos.

Una posible explicación para la discrepancia de los resultados con la realidad de los municipios puede ser el subregistro de defunciones —más común en regiones con bajo desarrollo socioeconómico—, que reduce el numerador de las tasas y, por consiguiente, las tasas en sí, lo que da la falsa impresión de haber pocas muertes. Además, la pandemia de COVID-19 pudo haber intensificado la dificultad para registrar las muertes, dada la novedad y letalidad del virus, que se propagó rápidamente por el país y exigió la elaboración de nuevos protocolos y la adaptación de los existentes.

A pesar de ello, según el IBGE (2023), Minas Gerais tuvo un subregistro de datos de mortalidad de alrededor del 1,5% tanto en 2021 como en 2022, años con y sin pandemia. Este promedio estatal, no obstante, no deja ver la heterogeneidad regional en cuanto a la exhaustividad de los datos: los mayores porcentajes de subregistro alcanzaron el 3,4% y 3,2% en la Región Geográfica Intermedia de Governador Valadares en 2021 y 2022 respectivamente, y el 3,1% y 3,3% en la RGInt de Teófilo Otoni también en sendos años, mientras que los porcentajes menores fueron de tan solo 0,6% y 0,4% en Uberaba y de 0,8% y 0,9% en Uberlândia.

Otra explicación de la mencionada falta de conformidad de los resultados con la realidad de los municipios puede venir dada por la naturaleza del método TOPALS que, si bien no es muy sensible a la elección de la tabla de supervivencia estándar para suavizar la TEM, como demuestran Gonzaga y Schmertmann (2016), es posible que estime curvas de mortalidad con niveles inferiores a los observados, especialmente en municipios muy pequeños, lo que da lugar a índices de esperanza de vida al nacer muy elevados. Los ajustes de nivel a partir de las curvas de mortalidad de las Regiones Geográficas Intermedias o de los clústeres de renta a los que pertenecen, sin embargo, parecen no ser suficientes para obtener resultados acordes con las realidades regionales y municipales.

Una tercera hipótesis sugiere la presencia de algún problema en las curvas de mortalidad de las zonas más grandes, utilizadas como estándar, debido en gran parte a errores sistemáticos en la notificación de la edad que, a diferencia de la preferencia por ciertos dígitos, son más difíciles de detectar (Palloni, Beltrán-Sánchez y Pinto, 2022).

Según estos autores, los sesgos derivados de la declaración errónea de la edad en las encuestas censales y en los certificados de defunción en general no se compensan, considerando que, mientras las tasas de mortalidad adulta y la distribución por edades de la población adulta son aproximadamente exponenciales, una aumenta (tasa de mortalidad) mientras que la otra disminuye (distribución por edades de la población). Así, las TEM de los adultos de mayor edad se subestimarán, lo que repercutirá en los índices de esperanza de vida al nacer y en el ritmo de aceleración de la fuerza de mortalidad a edades más avanzadas.

Queiroz y Sawyer (2012), al evaluar la calidad de la información sobre las defunciones del Censo Demográfico de 2010 en cuanto a la estructura de la curva de mortalidad, llaman la atención sobre el deterioro de la calidad de los registros de edad y defunción de la población mayor de 60 años, debido en gran medida a las muertes ocurridas en hogares unipersonales y en centros de salud.

Dado que en este trabajo los datos de defunciones proceden del SIM, las causas de estos problemas no se aplican de manera contundente, lo que no implica que no existan errores. Gomes y Turra (2009) muestran las incertidumbres que rodean los datos sobre la población centenaria del Brasil en 1991 y 2000, a menudo inflados en relación con la realidad, y cómo afectan a la estructura de la mortalidad. Los autores señalan también que los errores en la declaración de la edad ocurren muy probablemente entre las personas septuagenarias, octogenarias y nonagenarias, que desconocen su verdadera edad debido a las deficiencias en el registro de nacimientos en las oficinas del registro civil o a la ausencia de tal registro, lo que repercute a la baja en las TEM.

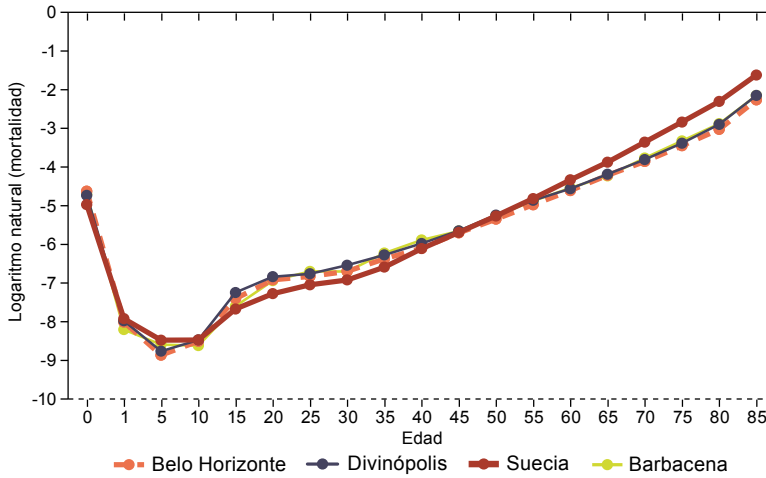
Rosenwaike y Preston (1984), al investigar la elevada esperanza de vida de la población puertorriqueña a partir de los 45 años, muestran que los errores sistemáticos en la declaración de la edad interfieren en las estimaciones de la longevidad, lo que da lugar a conclusiones erróneas en cuanto a los niveles y los patrones de las curvas. Los autores llaman la atención sobre la correlación positiva entre la alfabetización y la declaración correcta de la edad, y señalan que las personas analfabetas tienden a exagerar su edad y son más propensas a redondearla a los años que terminan en 0. Además, destacan el carácter diferente de estos errores, en comparación con los relativos a la preferencia por los dígitos 0 y 5, y muestran que introducen un sesgo importante en la esperanza de vida de las edades más avanzadas. Al analizar la TS de los estadounidenses blancos, los autores constataron que a edades más avanzadas suele producirse una reducción de entre el 5% y el 10% de la TEM, pues se produce un aumento de la edad en relación con la edad promedio registrada en los censos y los registros de defunción. Suponiendo que la edad promedio del grupo fuera un año superior a la edad real, el resultado provocaría una sobreestimación de alrededor del 10% para este grupo.

Coale y Kisker (1986) también analizaron los errores sistemáticos en la declaración de la edad de las personas mayores en otros países y mostraron su repercusión en la TEM, que resulta subestimada. Al comparar países con registros precisos, como el Japón y Suecia, con otros con registros de baja calidad, como Honduras, Sri Lanka y Guatemala, los autores ponen de relieve el cruce de las curvas de mortalidad a partir de ciertas edades, que significan tasas de mortalidad relativamente bajas entre las personas mayores y ancianas en poblaciones que viven en condiciones materiales relativamente desfavorables, en comparación con regiones con buenas condiciones de vida.

Otra hipótesis planteada por los autores, pero refutada posteriormente, es que, en ausencia de errores en la declaración de la edad, la baja mortalidad a edades avanzadas y el elevado volumen de muertes a edades más tempranas pueden deberse a la eliminación de los miembros más débiles de la cohorte y, por tanto, a la supervivencia únicamente de los individuos más fuertes, que disfrutaban de bajas tasas de mortalidad cuando son muy mayores.

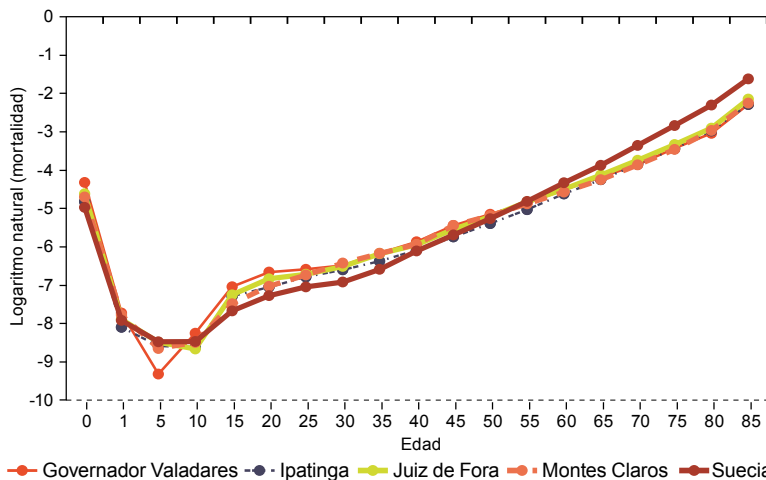
Una forma de comprobar esta hipótesis es comparando las curvas de las TEM observadas en las Regiones Geográficas Intermedias de Minas Gerais con las de países como Suecia<sup>10</sup>, por ejemplo, como se muestra en los gráficos 5, 6, 7 y 8.

Gráfico 5  
**Regiones Geográficas Intermedias de Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis (Brasil) y Suecia: tasas específicas de mortalidad, 1980 y 2022**



**Fuente:** Naciones Unidas, *World Population Prospects 2022, Online Edition, 2022*; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022.

Gráfico 6  
**Regiones Geográficas Intermedias de Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora, Montes Claros (Brasil) y Suecia: tasas específicas de mortalidad, 1980 y 2022**

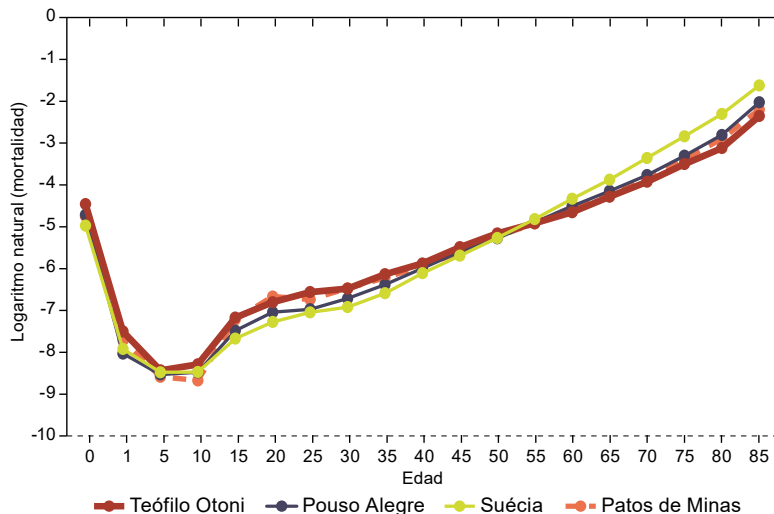


**Fuente:** Naciones Unidas, *World Population Prospects 2022, Online Edition, 2022*; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022.

<sup>10</sup> La tabla de supervivencia de Suecia corresponde al año 1980, cuando el país registró una  $e_5=71,3$  años, valor similar al promedio estatal de Minas Gerais en 2022.

Gráfico 7

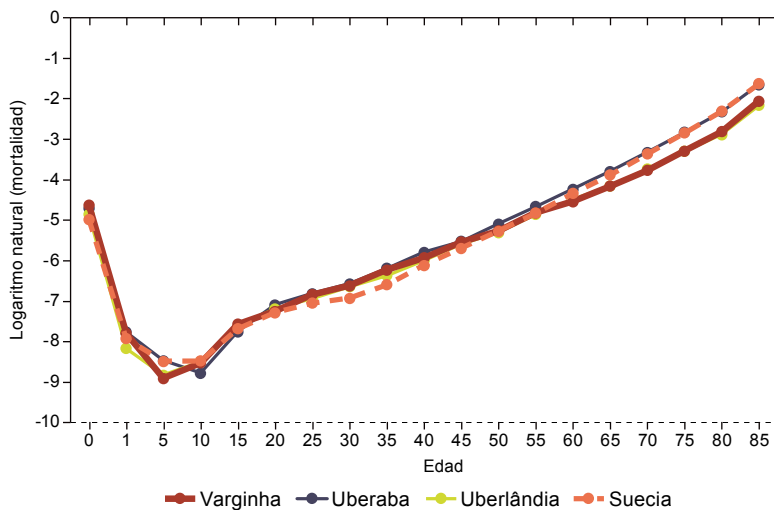
**Regiones Geográficas Intermedias de Patos de Minas, Pouso Alegre, Teófilo Otoni (Brasil) y Suecia: tasas específicas de mortalidad, 1980 y 2022**



**Fuente:** Naciones Unidas, *World Population Prospects 2022, Online Edition, 2022*; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022.

Gráfico 8

**Regiones Geográficas Intermedias de Uberaba, Uberlândia, Varginha (Brasil) y Suecia: tasas específicas de mortalidad, 1980 y 2022**



**Fuente:** Naciones Unidas, *World Population Prospects 2022, Online Edition, 2022*; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022.

En todos los casos, las curvas de las regiones mineras se cruzan con las de Suecia en torno a los 50 y 55 años, lo que corrobora la literatura sobre la existencia de errores sistemáticos en la declaración de la edad entre los adultos, que provoca un sesgo a la baja en la TEM (Rosenwaikie y Preston, 1984; Coale y Kisker, 1986; Coale y Li, 1991; Palloni, Beltrán-Sánchez y Pinto, 2022).

Según Rosenwaikie y Preston (1984), aunque estos errores probablemente tengan un impacto leve en los índices de esperanza de vida al nacer, las estimaciones relativas a las edades avanzadas pueden resultar considerablemente exageradas, lo que obliga a hacer revisiones a la baja.

Es interesante señalar que esta observación por parte de los autores se aplica a las TS elaboradas para el siglo XX, cuando la mortalidad infantil era la protagonista de la esperanza de vida al nacer. Según Li (2014), en los años más recientes, la mortalidad en la vejez ha adquirido una gran importancia a la hora de elaborar estimaciones de la esperanza de vida al nacer, ya que la probabilidad de sobrevivir desde el nacimiento hasta la vejez es mucho mayor que en años anteriores.

La interpretación de estos cruces con los datos del cuadro 4 refuerza los argumentos de Coale y Kisker (1986) para refutar la hipótesis mencionada anteriormente, dada la elevada proporción de supervivientes en la misma cohorte de 60 a 85 años —límite superior de las tablas de supervivencia elaboradas para Minas Gerais— en comparación con Suecia y el Brasil<sup>11</sup> (véase el cuadro 4).

Cuadro 4

**Regiones Geográficas Intermedias de Minas Gerais (Brasil):**  
 **$T_{85}/T_{60}$  en comparación con las de Suecia en 1980 y del Brasil en 2017**

| Regiones Geográficas Intermedias | $(T_{85}/T_{60}$ Regiones Geográficas Intermedias)/ $T_{85}/T_{60}$ Suecia | $(T_{85}/T_{60}$ Regiones Geográficas Intermedias)/ $T_{85}/T_{60}$ Brasil |
|----------------------------------|--|--|
| Barbacena                        | 1,72   | 1,74   |
| Belo Horizonte                   | 2,08   | 2,10   |
| Divinópolis                      | 1,76   | 1,78   |
| Gobernador Valadares             | 1,94   | 1,96   |
| Ipatinga                         | 1,97   | 1,99   |
| Juiz de Fora                     | 1,70   | 1,72   |
| Montes Claros                    | 1,92   | 1,94   |
| Patos de Minas                   | 1,81   | 1,83   |
| Pouso Alegre                     | 1,51   | 1,53   |
| Teófilo Otoni                    | 2,16   | 2,19   |
| Uberaba                          | 1,60   | 1,62   |
| Uberlândia                       | 1,72   | 1,74   |
| Varginha                         | 1,56   | 1,58   |

**Fuente:** Naciones Unidas, *World Population Prospects 2022*, Online Edition, 2022; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Censo Demográfico de 2022.

<sup>11</sup> La tabla de supervivencia del Brasil corresponde a 2017. Se eligió siguiendo el criterio del valor de  $e_x=71,3$  años, valor similar al promedio estatal de Minas Gerais en 2022.

En un contexto de buena calidad de la información, como es el caso de Suecia, los valores del cuadro 4 se situarían en torno a 1, lo que significaría que la proporción de ancianos de 85 años o más en relación con los de 60 años o más en la población observada es similar a la de la población sueca. Sin embargo, las estimaciones relativas a las Regiones Geográficas Intermedias revelan grandes discrepancias en comparación con Suecia e incluso con el Brasil. Los cocientes más altos se observan en las RGInt de Teófilo Otoni y Belo Horizonte, seguidas de Ipatinga y Governador Valadares. Los cocientes estimados más bajos, por su parte, se observan en las RGInt de Varginha y Uberaba.

Aunque el análisis se haya centrado en los errores en la declaración de la edad de la población, no se pueden descartar posibles errores en la cumplimentación de la edad en el certificado de defunción que, dependiendo del tipo de error, también afectarían a las estimaciones de mortalidad. Además, los datos de defunciones utilizados para calcular las estimaciones de longevidad se refieren al período de la pandemia de COVID-19 que, debido a su novedad y a la urgencia de contabilizar el número de defunciones, pudo haber incrementado los errores en los certificados de defunción. Sin embargo, vale la pena aclarar que los cruces de las curvas de mortalidad de las Regiones Geográficas Intermedias de Minas Gerais con la de Suecia también se observaron en 2010 (pero en edades un poco más avanzadas, en torno a los 60 y 65 años), lo que plantea la hipótesis de que los errores en la declaración de la edad, ya sea en la población o en las defunciones, se han mantenido durante más de una década.

Por último, cabe mencionar que, aunque no hay duda de que las diferencias de subregistro en las Regiones Geográficas Intermedias de Minas Gerais afectan a las estimaciones de longevidad, no influyen lo suficiente como para provocar que las curvas de mortalidad observadas se crucen con las de Suecia exactamente a las mismas edades.

## D. Consideraciones finales

Este trabajo presenta la aplicación de un modelo en dos etapas para estimar la esperanza de vida al nacer de los municipios de Minas Gerais en 2022. Se hacen dos propuestas similares en cuanto a operatividad, combinando el método TOPALS con la estandarización indirecta. La única diferencia entre ellas es la tabla de supervivencia utilizada como estándar: el modelo denominado TOPALS ajustado I utiliza la relativa a las Regiones Geográficas Intermedias, mientras que el modelo denominado TOPALS ajustado II utiliza la de los grupos de renta per cápita.

Los modelos son muy similares y, a primera vista, ambos pueden utilizarse para calcular la esperanza de vida al nacer de los municipios de Minas Gerais de 20.000 habitantes o menos.

El modelo TOPALS ya ha sido utilizado con éxito por los investigadores para estimar indicadores de mortalidad en áreas pequeñas con datos deficientes. Se considera un método flexible porque permite suavizar las curvas de mortalidad sin establecer un patrón homogéneo, lo que hace posible estimar curvas que tengan en cuenta las discrepancias regionales. Sin embargo, al desagregar los resultados por las Regiones Geográficas

Intermedias de Minas Gerais y analizarlos a la luz de las condiciones socioeconómicas de las regiones se constataron algunas incoherencias.

Los datos mostraron que no había relación entre una mayor esperanza de vida al nacer e indicadores económicos y sociales mejores, más bien al contrario. La Región Geográfica Intermedia de Montes Claros, por ejemplo, que tenía el promedio más bajo del IMRS en 2020, presentó índices elevados de esperanza de vida al nacer en 2022, estimados mediante ambos modelos. En cambio, la Región Geográfica Intermedia de Varginha, que tiene uno de los mejores promedios del IMRS, presentó una de las esperanzas de vida al nacer más bajas.

Estos resultados contradictorios exigieron un análisis más profundizado de los datos, que condujo a la hipótesis de que hubiera errores en la declaración de la edad tanto en la población como en las defunciones, lo que provocaba una subestimación de las TEM en las edades avanzadas. Esta hipótesis se verificó cruzando las curvas de mortalidad de las Regiones Geográficas Intermedias con las de Suecia, país históricamente conocido por la precisión de sus estadísticas, y fue reforzada por la elevada proporción de población de 85 años o más con respecto a la población de 60 años o más.

Las diferencias en el subregistro también podrían arrojar luz sobre estas contradicciones, teniendo en cuenta que la subnotificación de las defunciones es más frecuente en las regiones más pobres y vulnerables socioeconómicamente y, por consiguiente, con infraestructuras a menudo deficientes y alejadas para poder registrar los acontecimientos vitales de manera oportuna. Sin embargo, los datos no muestran una relación tan directa. Aunque es cierto que la falta de datos completos sobre las defunciones influye en las TEM a la alza o a la baja, no lo hace hasta el punto de provocar en todas las Regiones Geográficas Intermedias, que tienen una calidad de registro heterogénea, el mismo efecto de cruce de sus curvas de mortalidad con la de Suecia.

Por lo tanto, antes de aplicar cualquier método que utilice las áreas mayores del estado de Minas Gerais como estándar para estimar los indicadores de mortalidad de las áreas menores, es necesario corregir la estructura y el nivel de las defunciones en las primeras y comprobar posibles problemas en la declaración de la edad, especialmente en el denominador de las tasas, con el fin de reflejar la realidad de la mortalidad de sus municipios.

A primera vista, no parece haber ningún problema con los modelos, sino con la tabla de supervivencia estándar elegida para ajustar el nivel de las curvas. La idea de agregar los datos en áreas mayores para minimizar los errores de cualquier tipo no es del todo cierta. En el caso concreto de este trabajo, queda patente la necesidad de identificar y corregir los errores sistemáticos en la declaración de la edad, tanto en los datos de defunciones como en los de población, para poder proceder a la aplicación de los dos modelos propuestos.

Cabe destacar que, si bien las conclusiones presentadas en este artículo se refieren a Minas Gerais, se pueden llevar a cabo investigaciones similares en otros estados brasileños, ya que es común encontrar errores sistemáticos en la declaración de la edad en los censos y en los registros administrativos de numerosos países, especialmente en los países en desarrollo (Rosenwaike y Preston, 1984; Coale y Kisker, 1986).

## Bibliografía

- Alexander, M., E. Zagheni y M. Barbieri (2017), "A flexible Bayesian Model for estimating subnational mortality", *Demography*, vol. 54, N° 6 [en línea] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29019084/>.
- Assunção, R. M. y otros (2006), "Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 20, N° 7.
- Brass, W. (1975), *Methods for Estimating Fertility and Mortality from Limited and Defective Data*, Chapel Hill, Carolina Population Center, University of North Carolina.
- Chiang, C. L. (1960), "A stochastic study of the life table and its applications. II Sample variance of the observed expectation of life and other biometric functions", *Human Biology*, vol. 32.
- Coale, A. J. y E. E. Kisker (1986), "Mortality crossovers: reality or bad data?", *Population Studies*, vol. 40, N° 3 [en línea] <https://www.jstor.org/stable/2174582>.
- Coale, A. J. y S. Li (1991), "The effect of age misreporting in China on the calculation of mortality rates at very high ages", *Demography*, vol. 28, N° 2 [en línea] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2070900/>.
- Congdon, P. (2014), "Estimating life expectancies for US small areas: a regression framework", *Journal of Geographical Systems*, vol. 16, N° 1.
- De Beer, J. (2012), "Smoothing and projecting age-specific probabilities of death by TOPALS", *Demographic Research*, vol. 27, N° 20.
- Eayres, D. y E. S. Williams (2004), "Evaluation of methodologies for small area life expectancy estimation", *Journal of Epidemiology and Community Health (1979-)*, vol. 58, N° 12.
- Fundação João Pinheiro (2020a), *Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS)* [en línea] <https://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>.
- (2020b), *Nota Técnica. Aspectos metodológicos de cálculo do Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS)*, N° 02/2023.
- Gomes, M. M. F. y C. M. Turra (2009), "The number of centenarians in Brazil: indirect estimates based on death certificates", *Demographic Research*, N° 20 [en línea] <https://www.demographic-research.org/articles/volume/20/20>.
- Gonzaga, M. R. y C. P. Schmertmann (2016), "Estimativa de taxas de mortalidade por idade e sexo para pequenas áreas com regressão de TOPALS: uma aplicação para o Brasil em 2010", *Revista Brasileira de Estudos de População*, vol. 33, N° 3.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística) (2024), "Sistema de Estatísticas Vitais", Río de Janeiro [en línea] <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/26176-estimativa-do-sub-registro.html>.
- (2023), "Censo Demográfico Brasileiro de 2022", Río de Janeiro.
- (2014), *Conjunto mínimo de indicadores padrão de qualidade a ser aplicado no MERCOSUL*, N° 52.
- Jacques, F. V. L., J. H. C. Monteiro-da-Silva y R. M. Guimarães (2019), "Qualidade da informação da idade nos registros de óbito no Brasil, 1996-2015", *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, vol. 13, N° 1.
- Justino, J. R., M. de A. Freire y P. S. Lucio (2012), "Estimación de sub-registros de óbitos em pequenas áreas com os métodos bayesiano empírico e algoritmo EM", *Revista Brasileira de Estudos de População*, N° 29.
- Karlinsky, A. y D. Kobak (2021), "Tracking excess mortality across countries during the COVID-19 pandemic with the World Mortality Dataset", *elife*, vol. 10.
- Kulkarni y otros (2011), "Falling behind: life expectancy in US counties from 2000 to 2007 in an international context", *Popul Health Metrics* 9, 16 (2011). [en línea] <https://pophealthmetrics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1478-7954-9-16>

- Li, N. (2014), “Estimating life tables for developing countries”, *Technical Paper of the United Nations Population Division 2014/4* [en línea] <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/technical/TP2014-4.pdf>.
- Li X. y L. Anselin (2023), “Rgeoda: R Library for Spatial Data Analysis. R package version 0.0.10-4” [en línea] <https://CRAN.R-project.org/package=rgeoda>.
- Lima, E. E. C. y B. L. Queiroz (2014), “Evolution of THE deaths registry system in Brazil: associations with changes in the mortality profile, under-registration of death counts, and ill-defined causes of death”, *Cadernos de saúde pública*, vol. 30.
- (2011), “A evolução do sub-registro de mortes e causas de óbitos mal definidas em Minas Gerais: diferenciais regionais”, *Revista Brasileira de Estudos de População*, vol. 28.
- Marques, D. H. F., O. J. O. Nogueira y P. D. Faria (2021), “Investigação dos óbitos no Brasil no contexto da pandemia de COVID-19: um estudo exploratório”, *População e desenvolvimento em debate: impactos multidimensionais da pandemia da COVID-19 no Brasil*, Campinas, Asociación Brasileña de Estudios de Población (ABEP).
- Mathieu E. y otros (2020), “Coronavirus Pandemic (COVID-19)” [en línea] <https://ourworldindata.org/coronavirus>.
- Ministerio de Salud del Brasil (2023), “Datusus. Indicadores de dados básicos para saúde, Sistema de Informações de Mortalidade (SIM)”, Brasília [en línea] [www.datusus.gov.br](http://www.datusus.gov.br).
- Naciones Unidas (2022), *World Population Prospects 2022, Online Edition*.
- Olatunde, O., C. White y M. P. Smith (2010), “Life expectancy and disability-free life expectancy estimates for Middle Super Output Areas; England, 1999–2003”, *Health Statistics Quarterly*, vol. 47, N° 1.
- Orellana, J. D. Y. y otros (2021), “Excesso de mortes durante a pandemia de COVID-19: subnotificação e desigualdades regionais no Brasil”, *Cadernos de saúde pública*, vol. 37.
- Paes, N. A. (2005), “Avaliação da cobertura dos registros de óbitos dos estados brasileiros em 2000”, *Revista de Saúde Pública*, vol. 39.
- Paredes, I. y E. Silva (2017), “Estimación de la esperanza de vida a nivel municipal y por marginación sociodemográfica: una aplicación del método de Swanson para el caso de México, 2010”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 32, N° 1.
- Palloni, A., H. Beltrán-Sánchez y G. Pinto (2022), “Estimation of older adult mortality from information distorted by age misreporting”, *Population Studies* (Camb), vol. 75, N° 3 [en línea] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9026698/pdf/nihms-1793379.pdf>.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2013), “Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil” [en línea] [www.atlasbrasil.org.br](http://www.atlasbrasil.org.br).
- PNUD/IPEA/FJP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Instituto de Investigación Económica Aplicada/Fundación João Pinheiro) (2015), *Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras: Baixada Santista, Campinas, Maceió e Vale do Paraíba*, Brasília.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) y otros (2005), “Atlas de Desenvolvimento Humano na Região Metropolitana do Recife”, Brasília.
- Queiroz, B. L. y D. O. T. Sawyer (2012), “O que os dados de mortalidade do Censo de 2010 podem nos dizer?”, *Revista Brasileira de Estudos de População*, Río de Janeiro, vol. 29, N° 2 [en línea] <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/TJkFrThS8GxWyDZrdLGM5y5K/?lang=pt>.
- Queiroz, B. L. y otros (2017), “Estimativas do grau de cobertura e da mortalidade adulta (45q15) para as unidades da federação no Brasil entre 1980 e 2010”, *Rev Bras Epidemiol*, vol. 20, N° 1 [en línea] <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/p5mT5dGVZxPWnVNSgL4FWVC/?lang=pt>.
- R Core Team (2023), “R: A language and environment for statistical computing”, R Foundation for Statistical Computing [en línea] <https://www.R-project.org/>.

- Rosenwaike, I. y S. H. Preston (1984), "Age overstatement and Puerto Rican longevity", *Human Biology*, vol. 56, N° 3 [en línea] <https://www.jstor.org/stable/41463595>.
- Sacco, N., I. William e B.Q.L. Queiroz (2021), "Estimaciones de esperanza de vida al nacer en áreas menores de la región pampeana", *Revista Brasileira de Estudos de População*, vol. 38.
- Schmertmann, C.P. y M.R. Gonzaga (2018), "Bayesian estimation of age-specific mortality and life expectancy for small areas with defective vital records", *Demography*, vol. 55.
- Silva, G. A., B. C. Jardim y C. V. B. Santos (2020), "Excesso de mortalidade no Brasil em tempos de COVID-19", *Ciencia e saúde coletiva*, vol. 25.
- Silva, A. C. N. M. y D. V. R. Oliveira (2023), "Excesso de mortes por faixa etária em 2020 e 2021 no Brasil e em suas regiões", *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, vol. 10, N° 1.
- Wilson, T. (2018), "Evaluation of simple methods for regional mortality forecasts", *Genus*, vol. 74, N° 1 [en línea] <https://genus.springeropen.com/articles/10.1186/s41118-018-0040-z>.