



Mapeo del riesgo de mortalidad por tuberculosis a nivel municipal en España (2000 - 2023).

Lucía Pérez-Marín ^{1 2 3}, Enrique Alcalde-Cabero ^{1 4}, David García-García ^{1 2}, Ayelén Rojas-Benedicto ^{1 2 3}, Álvaro Roy ^{1 2}, Zaida Herrador ^{1 2}, Diana Gómez-Barroso ^{1 2}.

¹CNE (ISCIII), ²CIBERESP, ³UNED-IMIENS-ISCIII, ⁴CIBERNED



Las autoras declaran no tener conflictos de intereses.

ANTECEDENTES

Leading causes, 2023

Age-standardised mortality rate (per 100 000 population), 2023

1 Ischaemic heart disease	99·8 (89·9 to 108·4)
2 Stroke	75·9 (67·8 to 83·5)
3 COPD	38·4 (33·2 to 45·8)
4 Lower respiratory infections	31·6 (28·3 to 35·3)
5 Neonatal disorders	26·7 (24·7 to 28·6)
6 Alzheimer's disease	25·9 (6·4 to 62·7)
7 Lung cancer	22·2 (20·2 to 24·1)
8 Diabetes	22·1 (18·7 to 25·5)
9 Chronic kidney disease	17·2 (15·1 to 19·2)
10 Hypertensive heart disease	16·8 (13·4 to 20·7)
11 Road injuries	16·1 (12·5 to 19·0)
12 Cirrhosis liver	14·3 (12·7 to 16·0)
13 Diarrhoeal diseases	14·2 (10·6 to 19·2)
14 Colon and rectum cancer	12·3 (11·0 to 13·5)
15 Tuberculosis	11·6 (9·2 to 14·4)
16 Stomach cancer	10·3 (8·8 to 11·9)
17 Falls	9·9 (8·3 to 11·6)
18 HIV/AIDS	9·9 (8·6 to 11·3)
19 Malaria	9·6 (3·7 to 17·9)
20 COVID-19	9·3 (8·4 to 10·0)

La tuberculosis (TB), según el Global Burden of Disease, se encuentra entre las primeras 15 causas de muerte a nivel mundial.

En 2024 se estimaron 1,23 millones de muertes.

Global burden of 292 causes of death in 204 countries and territories and 660 subnational locations, 1990–2023: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. Lancet 2025; 406: 1811–72.

ANTECEDENTES

Leading causes, 2023	Age-standardised mortality rate (per 100 000 population), 2023
1 Ischaemic heart disease	99.8 (89.9 to 108.4)
2 Stroke	75.9 (67.8 to 83.5)
3 COPD	38.4 (33.2 to 45.8)
4 Lower respiratory infections	31.6 (28.3 to 35.3)
5 Neonatal disorders	26.7 (24.7 to 28.6)
6 Alzheimer's disease	25.9 (6.4 to 62.7)
7 Lung cancer	22.2 (20.2 to 24.1)
8 Diabetes	22.1 (18.7 to 25.5)
9 Chronic kidney disease	17.2 (15.1 to 19.2)
10 Hypertensive heart disease	16.8 (13.4 to 20.7)
11 Road injuries	16.1 (12.5 to 19.0)
12 Cirrhosis liver	14.3 (12.7 to 16.0)
13 Diarrhoeal diseases	14.2 (10.6 to 19.2)
14 Colon and rectum cancer	12.3 (11.0 to 13.5)
15 Tuberculosis	11.6 (9.2 to 14.4)
16 Stomach cancer	10.3 (8.8 to 11.9)
17 Falls	9.9 (8.3 to 11.6)
18 HIV/AIDS	9.9 (8.6 to 11.3)
19 Malaria	9.6 (3.7 to 17.9)
20 COVID-19	9.3 (8.4 to 10.0)

La tuberculosis (TB), según el Global Burden of Disease, se encuentra entre las primeras 15 causas de muerte a nivel mundial.

En 2024 se estimaron 1,23 millones de muertes.

THE
END TB
STRATEGY



Reduction in number of TB deaths compared with 2015 (%)

MILESTONES		TARGETS	
2020	2025	SDG* 2030	END TB 2035
35%	75%	90%	95%

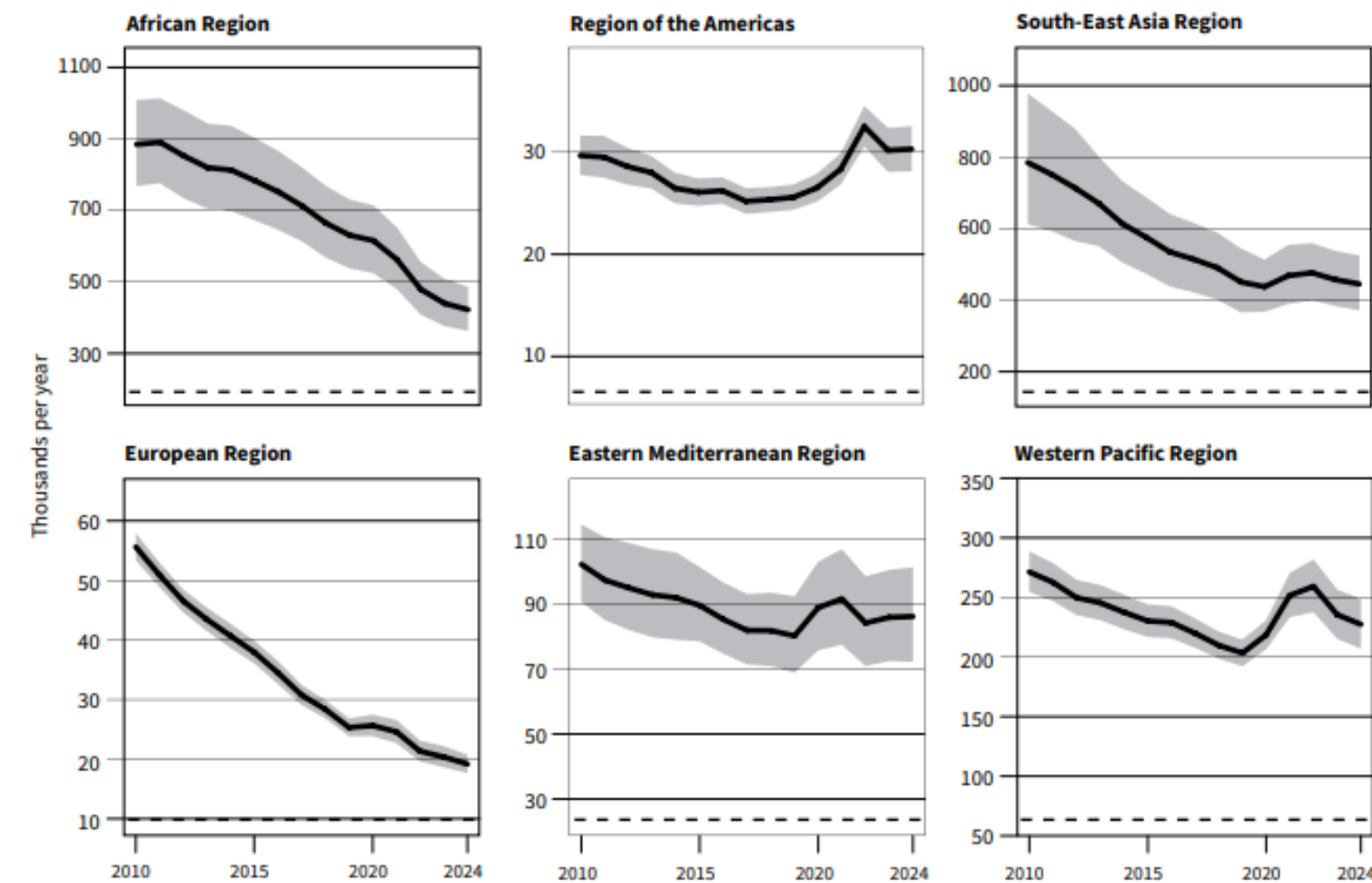
La “End TB strategy”, adoptada por la Organización Mundial de la Salud en 2014 tiene como objetivo reducir la mortalidad por TB al menos en un 95% para 2030 en comparación con los niveles de 2015.

Global burden of 292 causes of death in 204 countries and territories and 660 subnational locations, 1990–2023: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. Lancet 2025; 406: 1811–72.

ANTECEDENTES

En la región europea, la tasa de mortalidad por TB ha disminuido de forma acumulada:

- un 54% entre 2014 y 2023
- pasando de 3,7 a 1,7 muertes por 100.000 habitantes
- reducción media anual del 8,3%

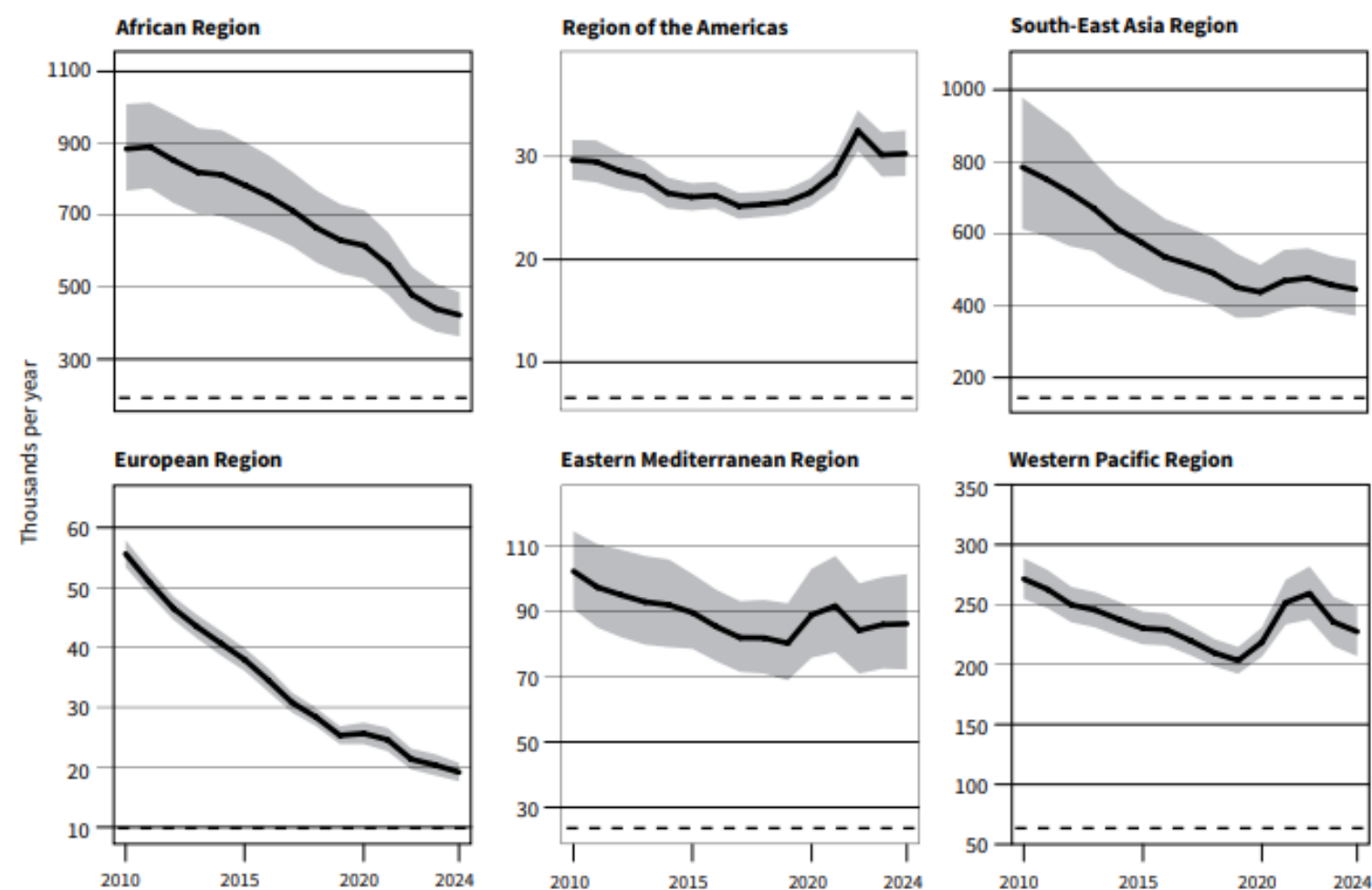


Fuente: World Health Organization. Global tuberculosis report 2025. Geneva: World Health 398 Organization; 2025. .

ANTECEDENTES

En la región europea, la tasa de mortalidad por TB ha disminuido de forma acumulada:

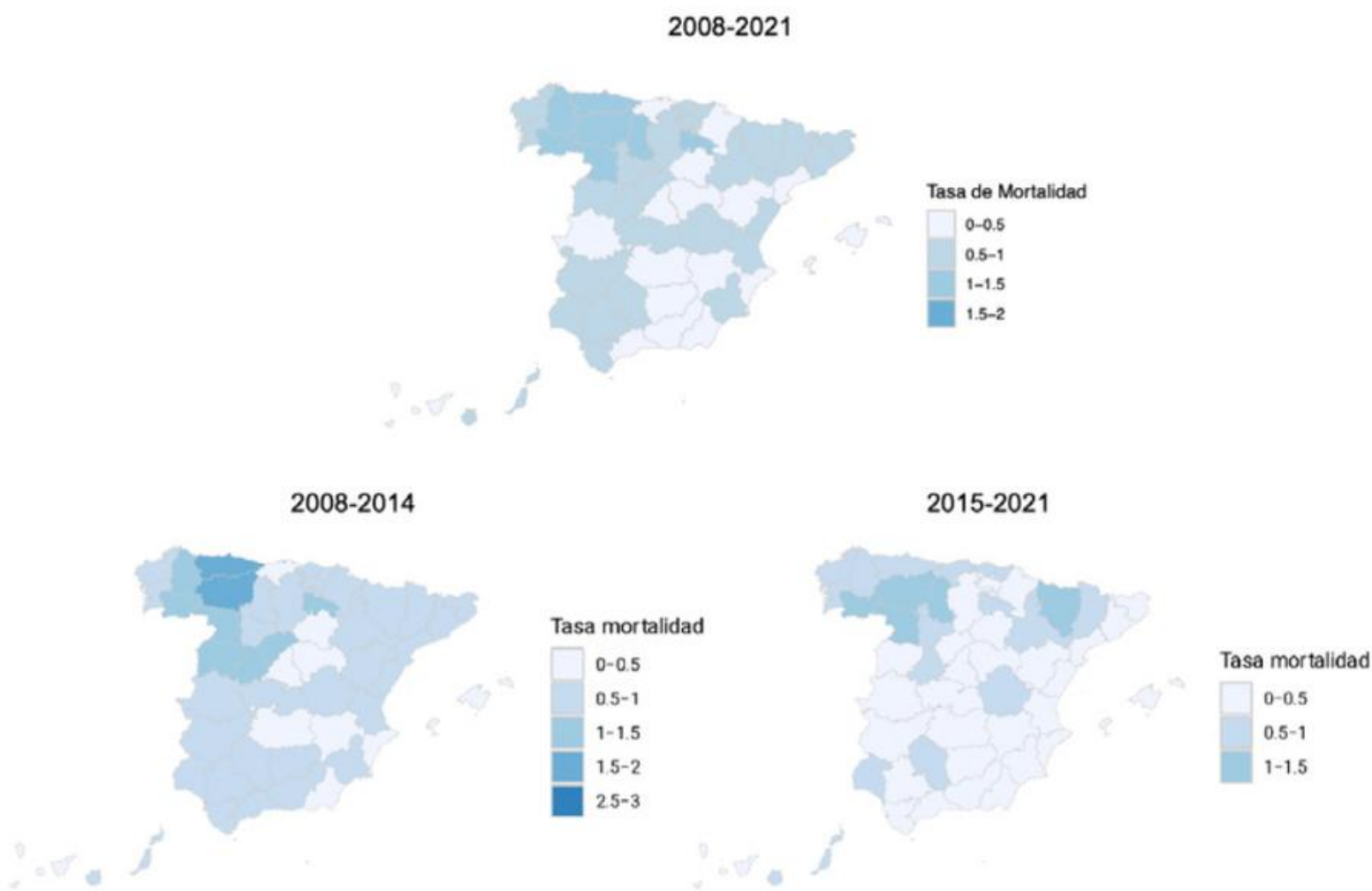
- un 54% entre 2014 y 2023
- pasando de 3,7 a 1,7 muertes por 100.000 habitantes
- reducción media anual del 8,3%



Los patrones espaciales de la mortalidad por TB han recibido menos atención que los estudios sobre incidencia o prevalencia en países europeos.

ANTECEDENTES

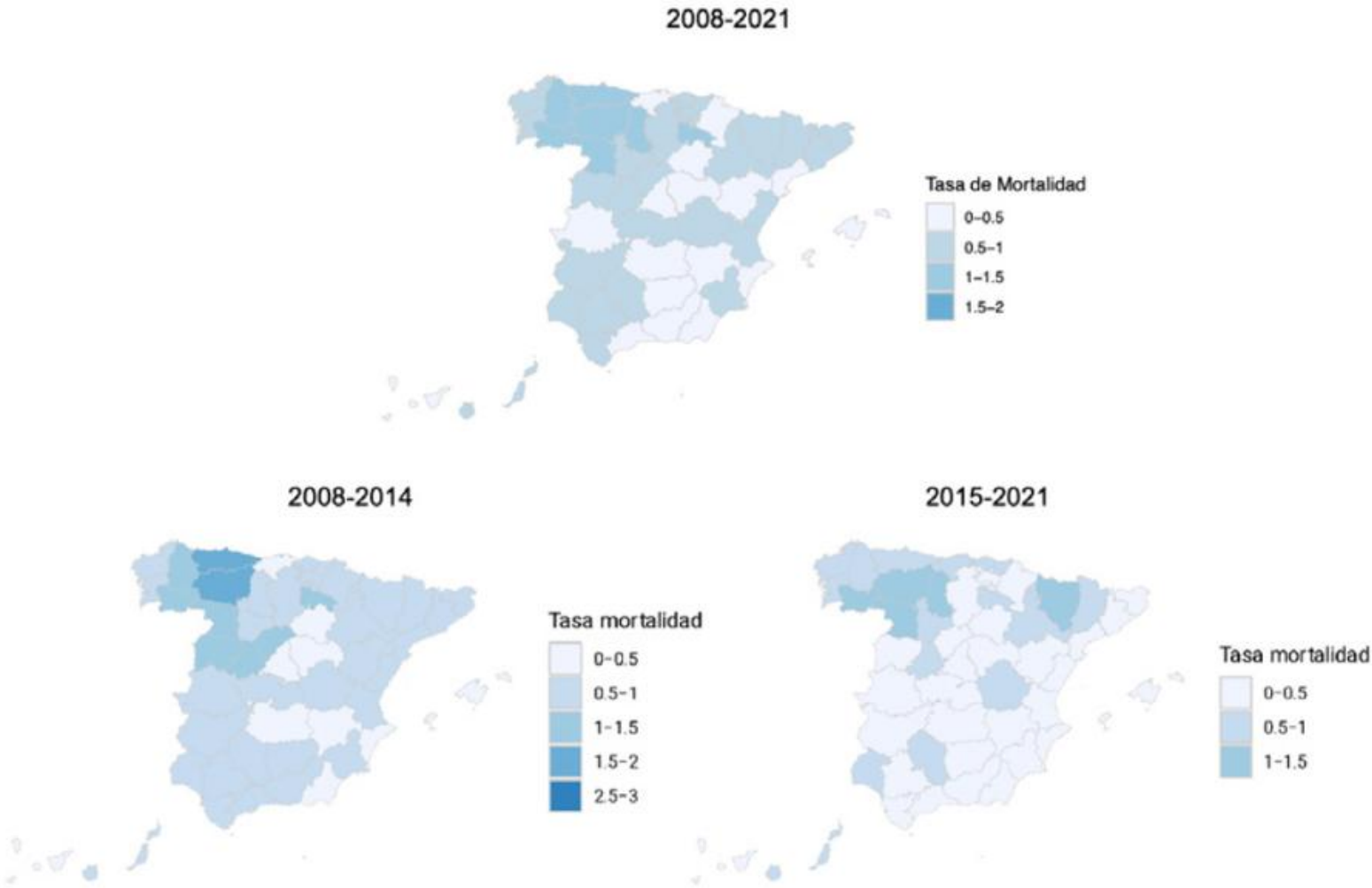
Estudios en España han mostrado una distribución heterogénea a nivel provincial, con mayores tasas en el noroeste.



Fuente: Roncal Redin M, Gomez Barroso D, Herrador Z. Mortalidad por tuberculosis en 444 España, 2008–2021. Bol Epidemiol Sem. 2024;32:36–44. doi:10.4321/s2173-445 92772024000100004 .

ANTECEDENTES

Estudios en España han mostrado una distribución heterogénea a nivel provincial, con mayores tasas en el noroeste.

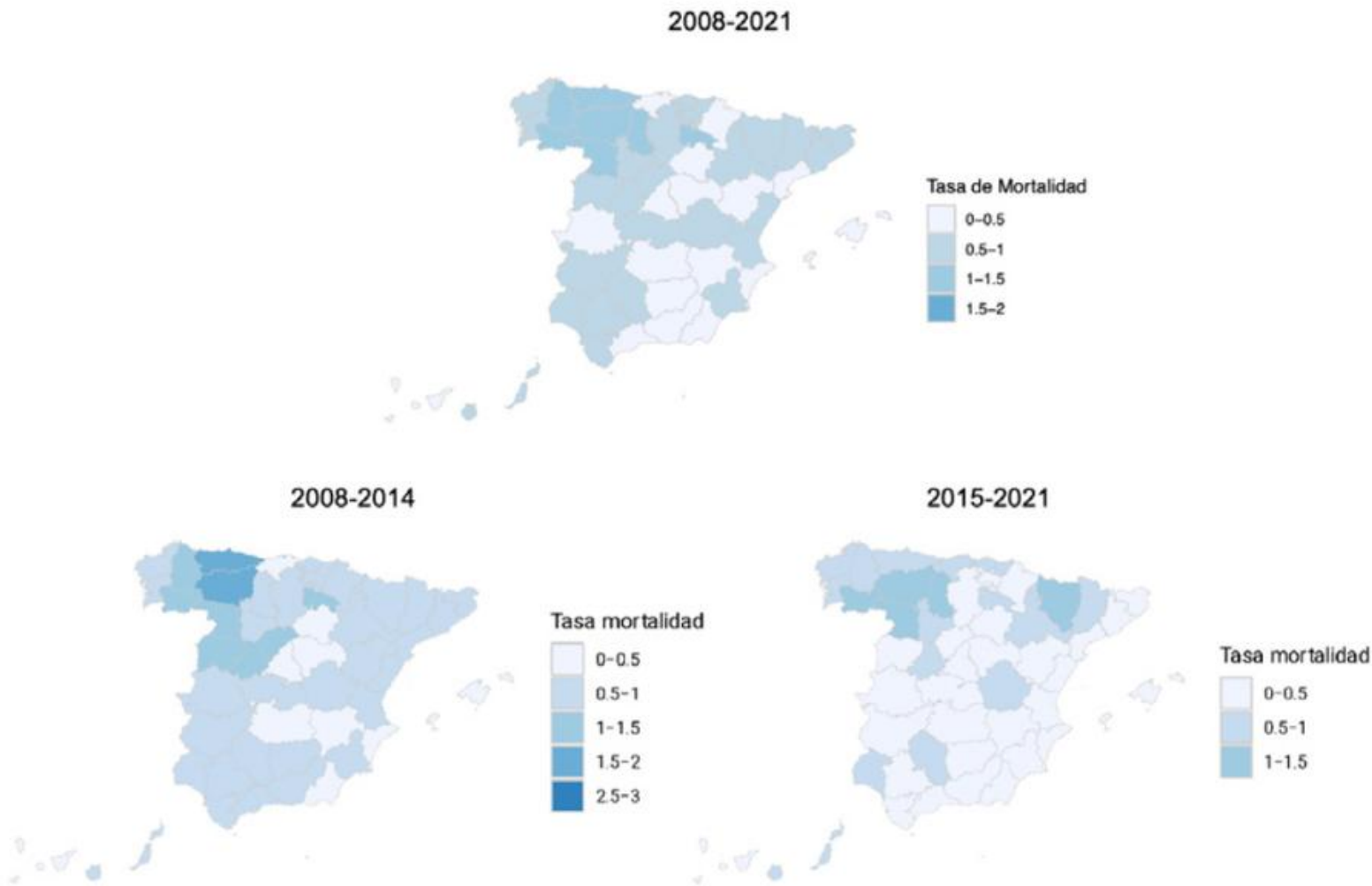


Ausencia de análisis espaciales a escala nacional en unidades administrativas pequeñas (ej: municipios).

Fuente: Roncal Redin M, Gomez Barroso D, Herrador Z. Mortalidad por tuberculosis en 444 España, 2008–2021. Bol Epidemiol Sem. 2024;32:36–44. doi:10.4321/s2173-445 92772024000100004 .

ANTECEDENTES

Estudios en España han mostrado una distribución heterogénea a nivel provincial, con mayores tasas en el noroeste.



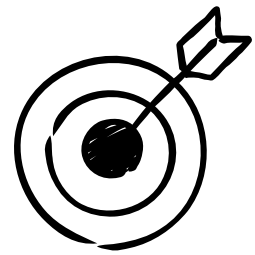
Ausencia de análisis espaciales a escala nacional en unidades administrativas pequeñas (ej: municipios).

Importancia del análisis a escalas geográficas pequeñas:

El empleo de *modelos espaciales* permite **identificar áreas de alto riesgo que podrían pasar desapercibidas** al analizarlas a otros niveles espaciales administrativos, especialmente relevante en países de baja incidencia como España.

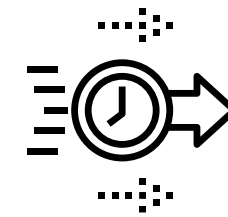
Fuente: Roncal Redin M, Gomez Barroso D, Herrador Z. Mortalidad por tuberculosis en 444 España, 2008–2021. Bol Epidemiol Sem. 2024;32:36–44. doi:10.4321/s2173-445 92772024000100004 .

OBJETIVOS



Describir y caracterizar:

- (1) la tendencia temporal de las tasas de mortalidad por TB.
- (2) los patrones espaciales del riesgo de mortalidad por TB a nivel municipal.



Periodo temporal: 2000 - 2023



Lugar: España.

Defunciones: datos de mortalidad anual por TB obtenidos del Instituto Nacional de Estadística.



Basados en certificados de defunción. Siguiendo las recomendaciones de la OMS, se utilizó la causa básica de muerte para el análisis.

Códigos CIE-10: A15-A19 (tuberculosis) y B90 (secuelas por tuberculosis).



Población:

- población anual del INE
- estratificada por sexo, edad y municipio.



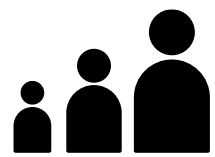
Variables:

- Edad
- Sexo
- Año de defunción
- Municipio de residencia.



Análisis temporal

Tasas específicas por edad:



- Tasas de mortalidad brutas por edad y sexo.
- Grupos de edad: 0-14, 15-44, 45-64, 65-74, 75-84 y 85+ años.

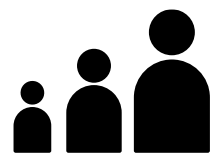
Distribución de edad:

- Medianas y rangos intercuartílicos



Análisis temporal

Tasas específicas por edad:



- Tasas de mortalidad brutas por edad y sexo.
- Grupos de edad: 0-14, 15-44, 45-64, 65-74, 75-84 y 85+ años.

Distribución de edad:

- Medianas y rangos intercuartílicos

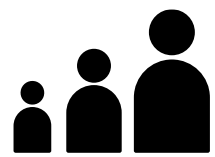
Evaluación de la tendencia temporal:

- Tasas ajustadas por edad (estratificadas por sexo).
- Estandarización directa usando población europea de referencia (EUROSTAT 2013).



Análisis temporal

Tasas específicas por edad:



- Tasas de mortalidad brutas por edad y sexo.
- Grupos de edad: 0-14, 15-44, 45-64, 65-74, 75-84 y 85+ años.

Distribución de edad:

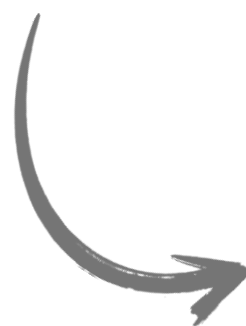
- Medianas y rangos intercuartílicos

Evaluación de la tendencia temporal:

- Tasas ajustadas por edad (estratificadas por sexo).
- Estandarización directa usando población europea de referencia (EUROSTAT 2013).

Cálculo del cambio porcentual anual (CPA).

Definición los periodos temporales utilizados en el análisis espacial posterior.



Modelo de regresión Joinpoint.



Análisis espacial

Examinamos la variación geográfica del riesgo de mortalidad por TB para cada periodo de estudio.

Unidad espacial utilizada: municipio (8.131 municipios).



Análisis espacial

Examinamos la variación geográfica del riesgo de mortalidad por TB para cada periodo de estudio.

Unidad espacial utilizada: municipio (8.131 municipios).

Razón de mortalidad estandarizada (RME)

$$\begin{array}{l} \text{Medida del riesgo} \\ \text{relativo} \\ \text{Mortalidad observada} \\ \hline \text{Mortalidad esperada} \end{array}$$

RME =



version 4.3.2

Paquete: R-INLA.



Análisis espacial

Examinamos la variación geográfica del riesgo de mortalidad por TB para cada periodo de estudio.

Unidad espacial utilizada: municipio (8.131 municipios).

**Razón de mortalidad
estandarizada
(RME)**

$$\text{RME} = \frac{\text{Medida del riesgo relativo} \quad \text{Mortalidad observada}}{\text{Mortalidad esperada}}$$

**Modelo de suavizado
espacial bayesiano**

Modelo Besag - York - Mollié
reparametrizado: BYM2

Modelo de regresión de Poisson con
efectos aleatorios.



version 4.3.2

Paquete: R-INLA.



Análisis espacial

Examinamos la variación geográfica del riesgo de mortalidad por TB para cada periodo de estudio.

Unidad espacial utilizada: municipio (8.131 municipios).

**Razón de mortalidad
estandarizada
(RME)**

$$RME = \frac{\text{Medida del riesgo relativo} \quad \text{Mortalidad observada}}{\text{Mortalidad esperada}}$$

**Modelo de suavizado
espacial bayesiano**

Modelo Besag - York - Mollié
reparametrizado: BYM2
Modelo de regresión de Poisson con
efectos aleatorios.

Mapeo :

- RME
- RME suavizados
- Probabilidades posteriores



version 4.3.2

Paquete: R-INLA.



Análisis espacial

Modelo de suavizado espacial bayesiano: Modelo BYM2.

¿Por qué aplicamos un modelo de suavizado espacial?

- 1.Trabajo con muchos municipios (alta desagregación espacial).
- 2.Pocas defunciones en muchos de ellos (datos escasos).



RME crudos variables
e inestables



Análisis espacial

Modelo de suavizado espacial bayesiano: Modelo BYM2.

¿Por qué aplicamos un modelo de suavizado espacial?

- 1.Trabajo con muchos municipios (alta desagregación espacial).
- 2.Pocas defunciones en muchos de ellos (datos escasos).



RME crudos variables
e inestables

¿Qué conseguimos aplicando el modelo?

- 1.Estabilizar los RME: evitar valores extremos.
- 2.Reducir el ruido aleatorio.
- 3.Captar los patrones espaciales.
- 4.Obtener mapas más interpretables y útiles para salud pública.



Análisis espacial

Modelo de suavizado espacial bayesiano: Modelo BYM2.

¿Por qué aplicamos un modelo de suavizado espacial?

1. Trabajo con muchos municipios (alta desagregación espacial).
2. Pocas defunciones en muchos de ellos (datos escasos).



RME crudos variables
e inestables

¿Qué conseguimos aplicando el modelo?

1. Estabilizar los RME: evitar valores extremos.
2. Reducir el ruido aleatorio.
3. Captar los patrones espaciales.
4. Obtener mapas más interpretables y útiles para salud pública.

¿Cómo funciona BYM2?

Componentes del modelo:

$$Y_i \sim \text{Poisson}(E_i \theta_i)$$

$$\log(\theta_i) = \alpha + u_i$$

$$u_i = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \left(\sqrt{1 - \phi} v_i + \sqrt{\phi} s_i^* \right)$$

Y_i = datos observados.

θ_i : riesgo relativo suavizado.

s_i^* : efecto espacial estructurado (dependencia entre municipios).

v_i : variabilidad aleatoria no estructurada → heterogeneidad no explicada espacialmente.

El **parámetro ϕ** permite controlar la contribución del efecto espacial frente a la variabilidad independiente.



Análisis espacial

Modelo de suavizado espacial bayesiano: Modelo BYM2.

INTERPRETACIÓN DEL RIESGO:

- Áreas con exceso de riesgo: $RME > 1$. Áreas con una mortalidad observada superior a la esperada.
- Áreas con menor riesgo: $RME < 1$. Áreas con una mortalidad observada inferior a la esperada.



Análisis espacial

Modelo de suavizado espacial bayesiano: Modelo BYM2.

INTERPRETACIÓN DEL RIESGO:

- Áreas con exceso de riesgo: $RME > 1$. Áreas con una mortalidad observada superior a la esperada.
- Áreas con menor riesgo: $RME < 1$. Áreas con una mortalidad observada inferior a la esperada.

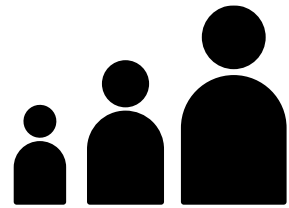
Probabilidad de excedencia:

A partir del modelo, estimamos la probabilidad de que el RME suavizado sea mayor que 1.

Nos permite identificar áreas con exceso de riesgo significativo → cuando esa probabilidad es > 0.8

RESULTADOS

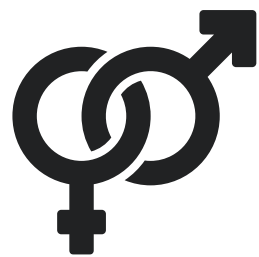
En España se registraron un total de 7.955 muertes por tuberculosis durante el periodo 2000-2023.



La **mediana de la edad** al fallecimiento fue:

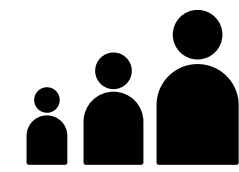
75 años (IQR = 60-83) en los hombres.

81 años (IQR = 73-86) en las mujeres.

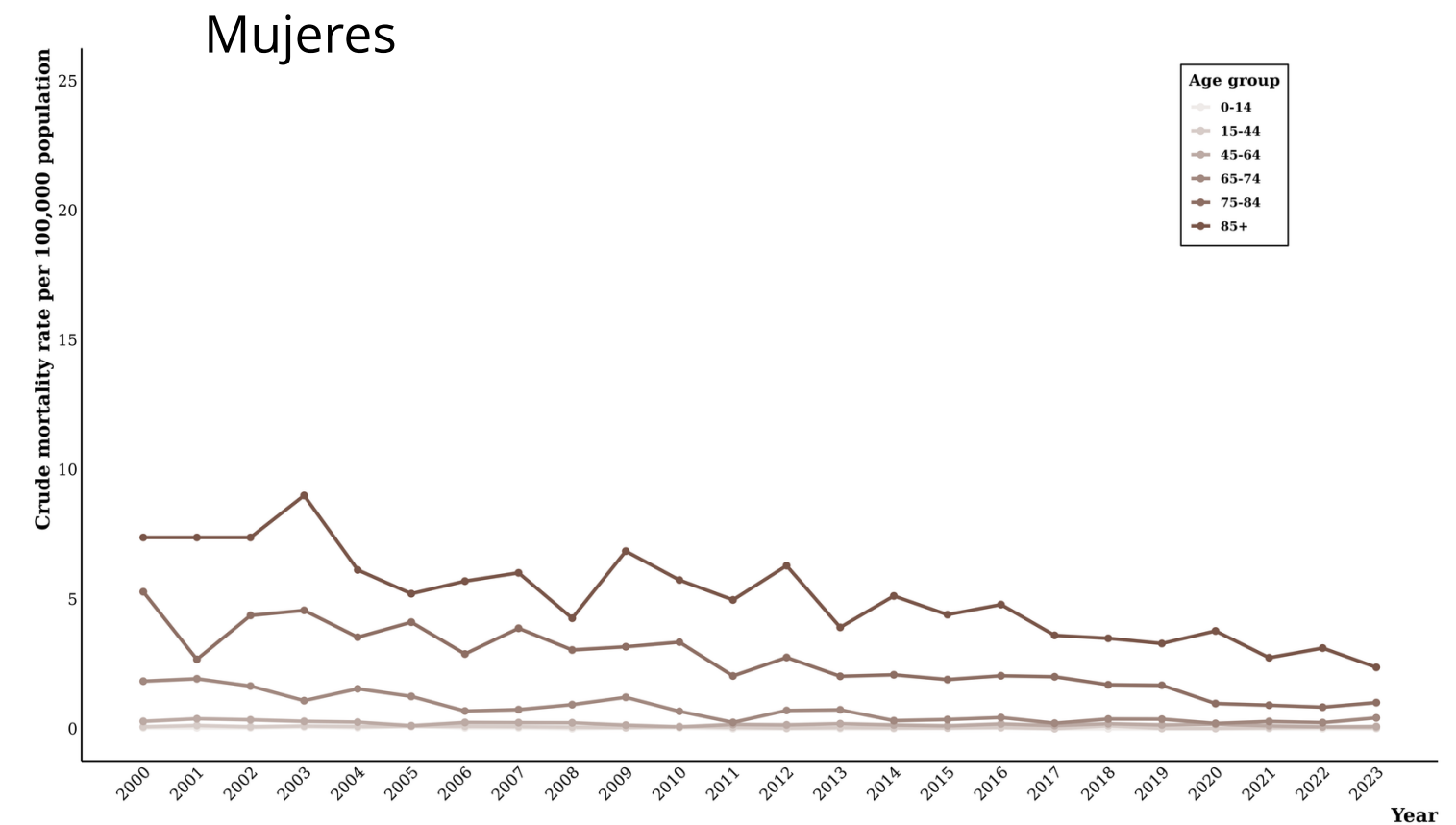
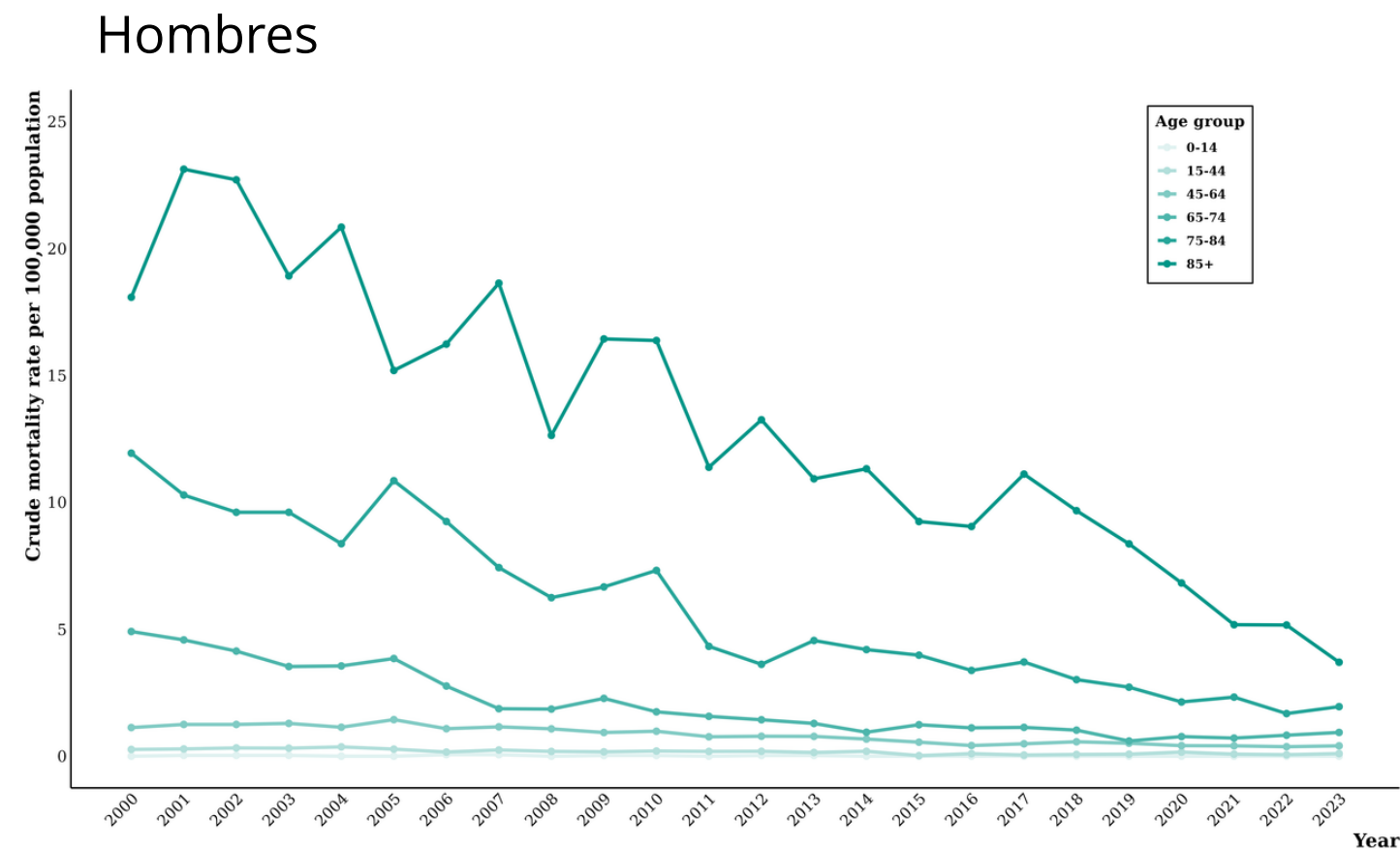


Diferencias por sexo: 65,1% en hombres, 34,9% en mujeres.

RESULTADOS



Tendencias temporales por grupos de edad



Descenso sostenido de mortalidad

La mortalidad por tuberculosis muestra un descenso sostenido en el periodo 2000–2023, pero con un marcado gradiente por edad y por sexo.

Diferencias por sexo

Los hombres presentan tasas más altas de mortalidad por TB que las mujeres durante todo el periodo analizado

- Máximo en los hombres (>85 años) en 2001 (23,1 por cada 100 000 habitantes)
- Máximo en las mujeres (>85 años) en 2003 (8,9 por cada 100 000).

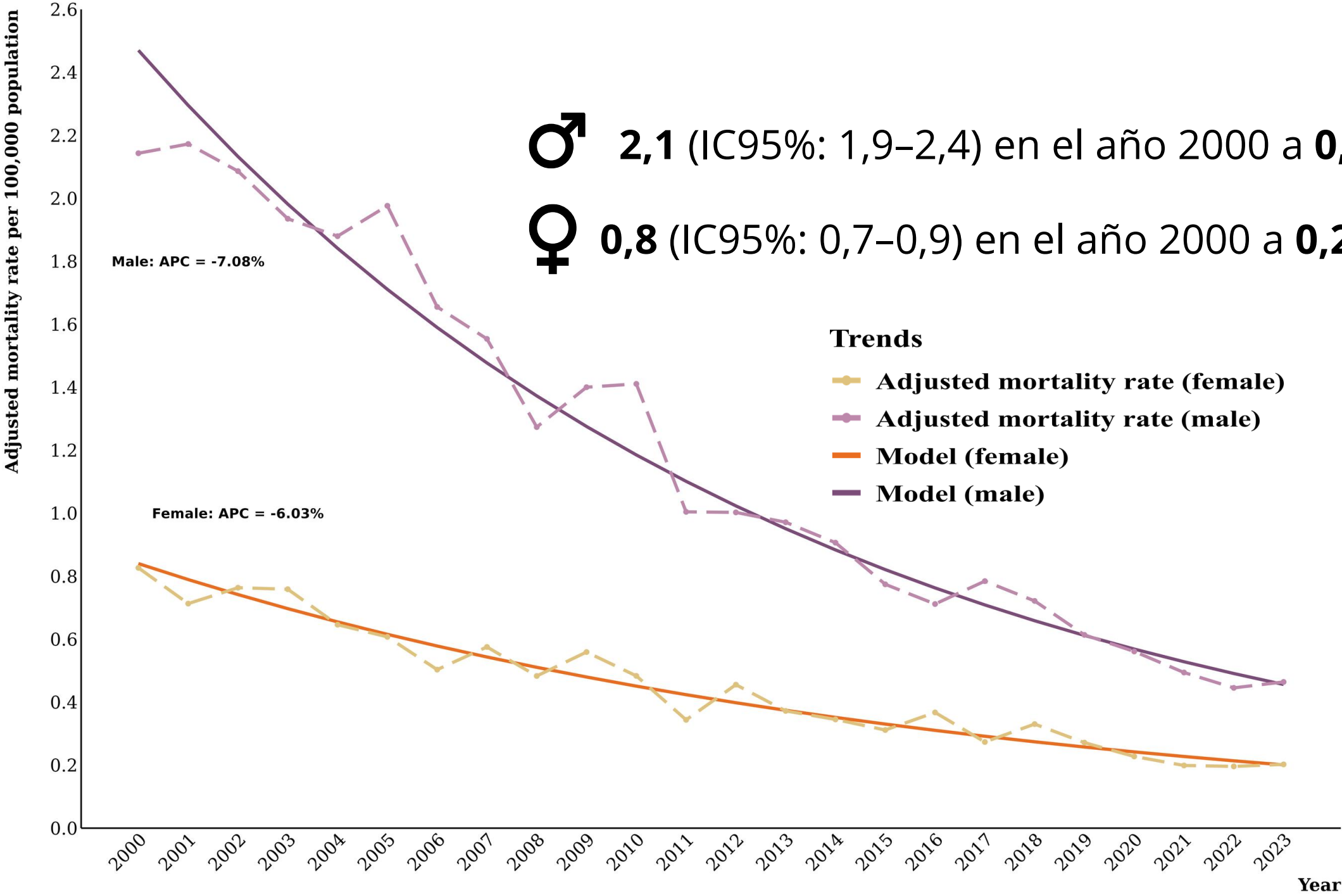
Diferencias por grupos de edad

Los grupos de ≥ 85 años concentran las tasas más elevadas durante todo el periodo.

En menores de 45 años, la mortalidad es muy baja y prácticamente residual.



El **modelo joinpoint** confirma una **tendencia descendente sin cambios significativos** (0 joinpoint).



♂ **2,1** (IC95%: 1,9–2,4) en el año 2000 a **0,5** (IC95%: 0,4–0,6) **por 100.000 habitantes** en 2023

♀ **0,8** (IC95%: 0,7–0,9) en el año 2000 a **0,2** (IC95%: 0,1–0,2) **por 100.000 habitantes** en 2023.

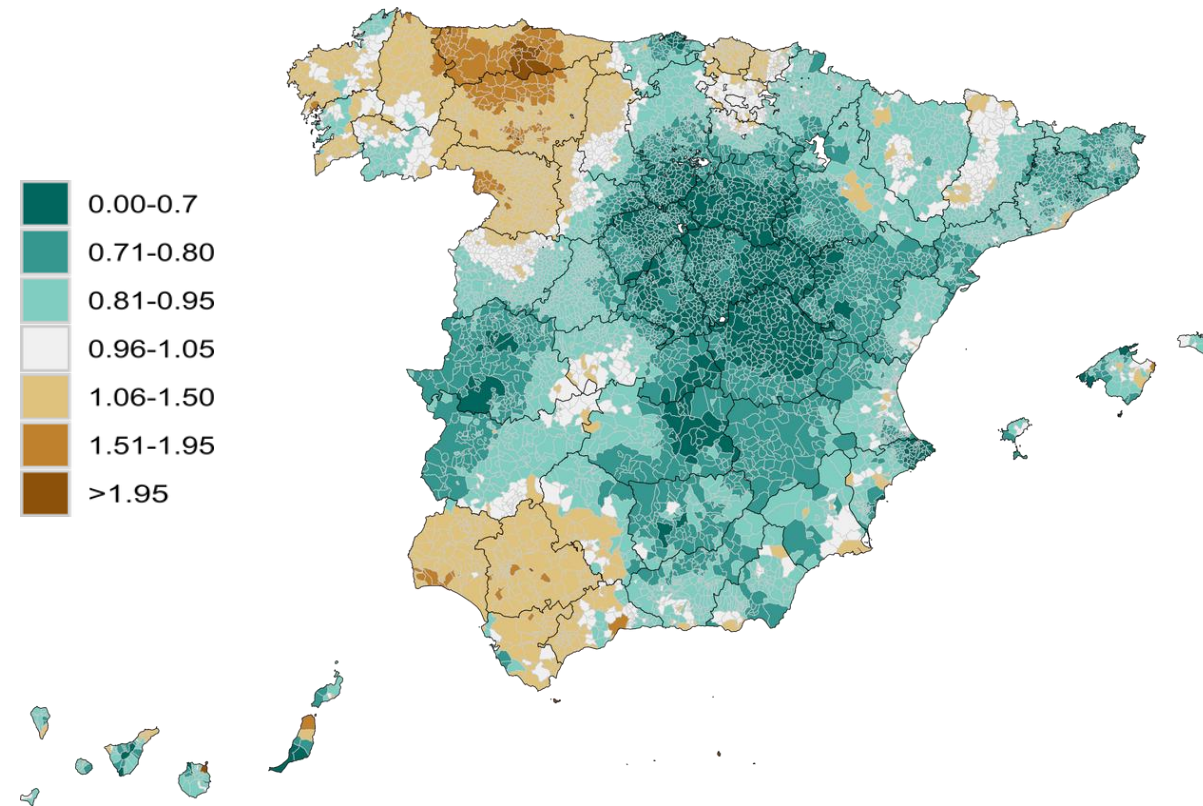


El **descenso anual de las tasas de mortalidad** fue:

- **-7,1% en hombres** (95% CI: -7.64 to -6.53; p<0.001).
- **-6,0% en mujeres** (95% CI: -6.74 to -5.33; p<0.001).

Se observa una convergencia progresiva entre sexos, especialmente a partir de 2010.

Periodo total (2000 – 2023).



El suavizado espacial reveló dos áreas de alto riesgo:

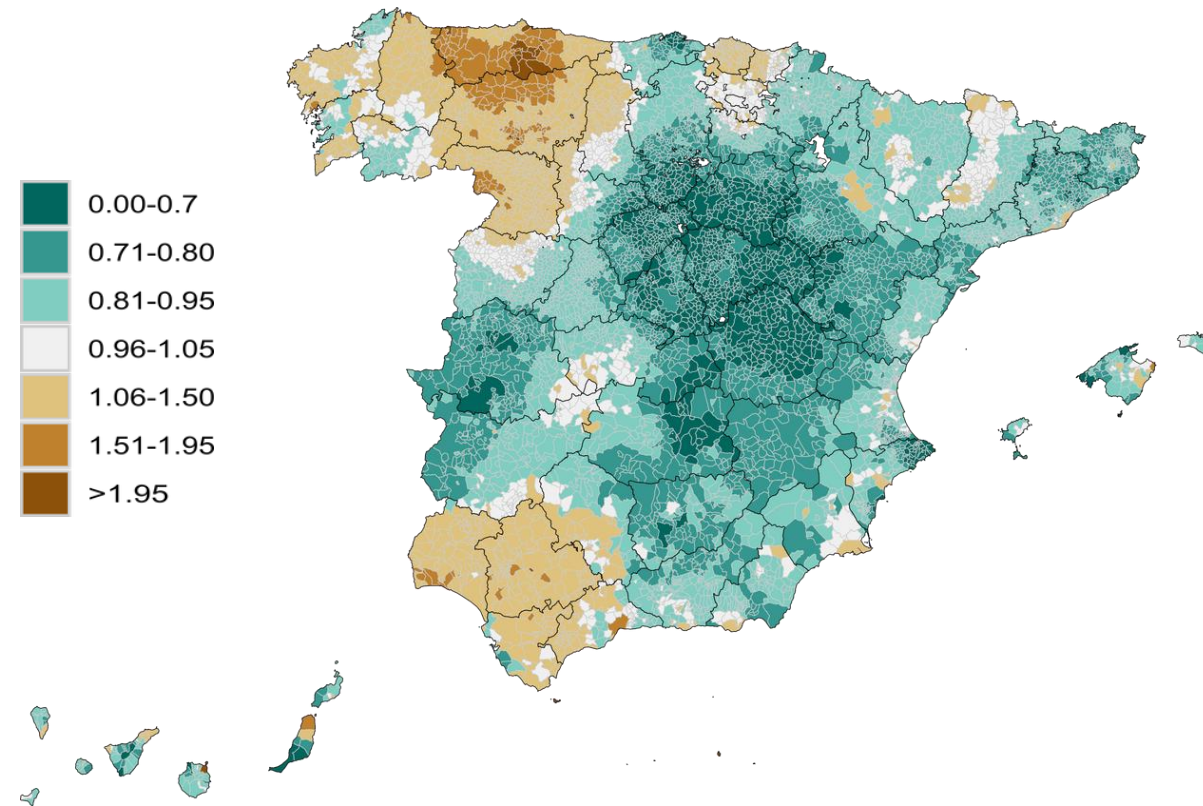
- 1. Noroeste de España:** riesgos elevados (valores de sRME entre 1,06 y 2,66) se concentraron en el área noroeste del país, particularmente: Asturias, las zonas del noreste de Galicia y la parte noroeste de Castilla y León.
- 2. Suroeste de España:** riesgos elevados (sRME entre 1,06 y 1,83) en municipios situados en la parte suroeste del país, especialmente en Andalucía occidental.

RESULTADOS

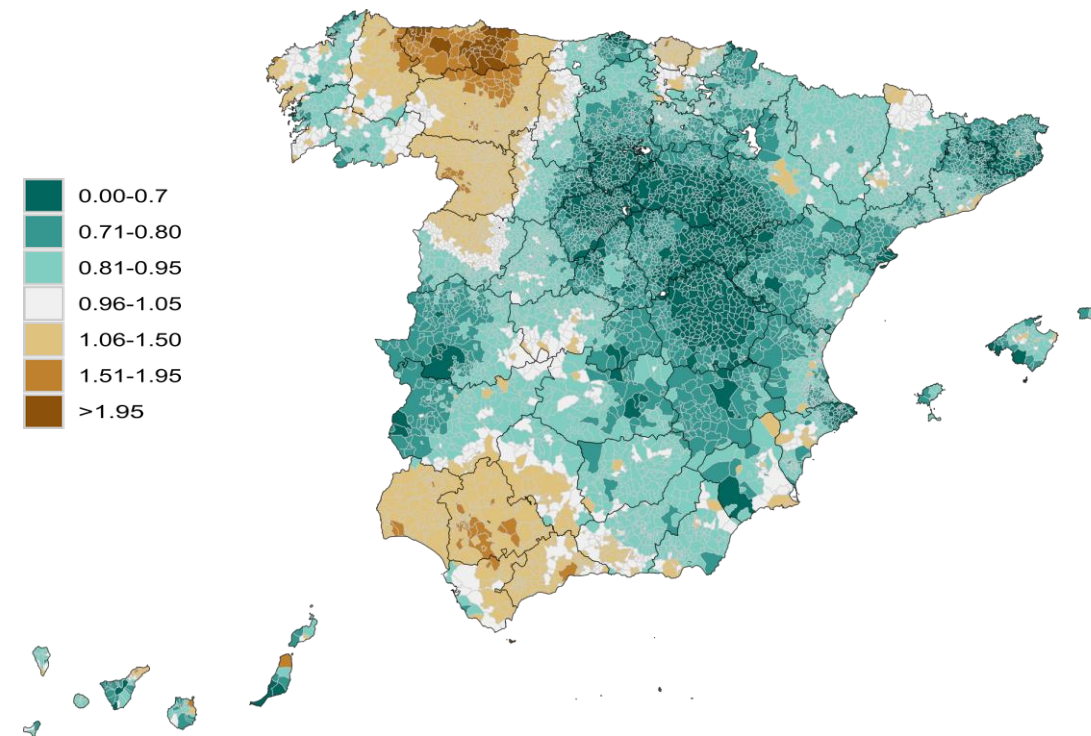


Patrones espaciales

Periodo total (2000 – 2023).



Periodo 1 (2000–2010):

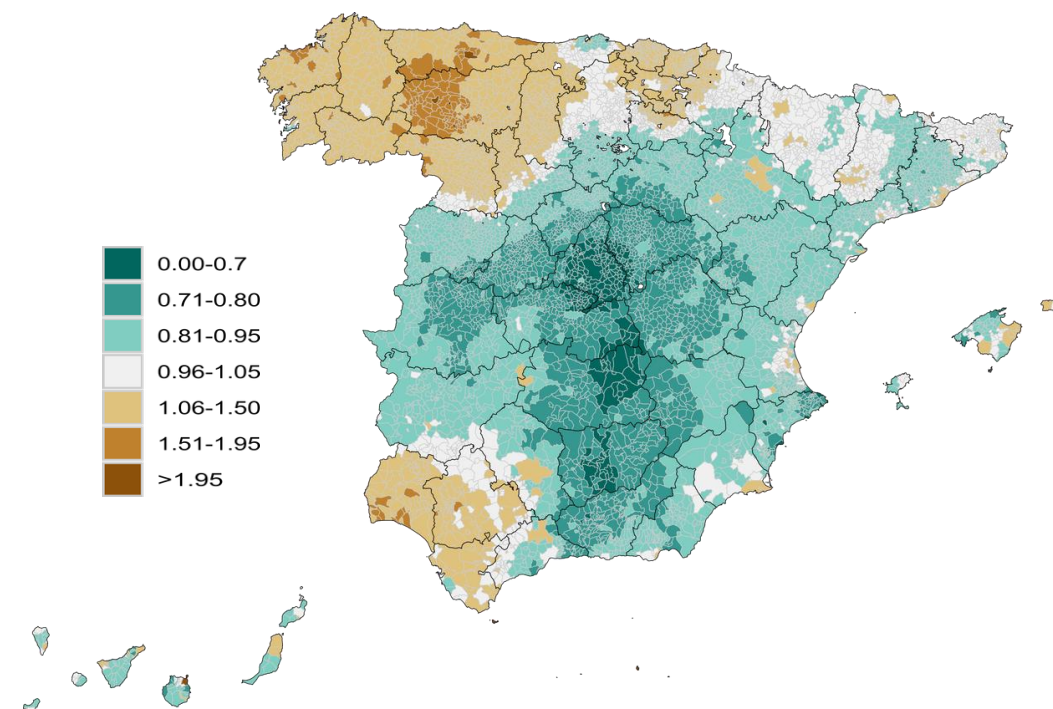


- El patrón espacial fue muy similar al del periodo total de estudio.
- Riesgo elevado de mortalidad concentrado en el noroeste y suroeste de España

El suavizado espacial reveló dos áreas de alto riesgo:

- 1. Noroeste de España:** riesgos elevados (valores de sRME entre 1,06 y 2,66) se concentraron en el área noroeste del país, particularmente: Asturias, las zonas del noreste de Galicia y la parte noroeste de Castilla y León.
- 2. Suroeste de España:** riesgos elevados (sRME entre 1,06 y 1,83) en municipios situados en la parte suroeste del país, especialmente en Andalucía occidental.

Periodo 2 (2011–2023):



- Riesgo más moderado y homogéneo.
- Surgieron áreas de exceso de riesgo moderado (valores de sRME entre 1,06 y 1,50, con EP > 0,8) en otras regiones del norte.

Conclusiones, implicaciones y líneas futuras.



Descenso progresivo de mortalidad.

La mortalidad por tuberculosis en España ha disminuido de manera sostenida entre 2000 y 2023, alineándose con los objetivos de la OMS.

Mayor carga de mortalidad en hombres.

Mayor incidencia en hombres;
Mayor exposición a factores de riesgo y ocupacionales;
Posibles diferencias biológicas e inmunológicas

La mortalidad se concentra en edades avanzadas.

Inmunosenescencia;
Mayor presencia de comorbilidades;
Retrasos diagnósticos;
Formas clínicas más complejas.



Heterogeneidad espacial en el riesgo de mortalidad por TB: Se identificaron dos zonas principales con mayor riesgo de mortalidad: noroeste y suroeste del país.

Hipótesis demográfica.

Relación con los patrones de incidencia.

Alta incidencia ---> no necesariamente alta mortalidad.

¿Por qué algunas regiones tienen muchos casos pero relativamente pocas muertes?

Diferente perfil epidemiológico en los casos (notificación) del noroeste y noreste de España.

Hipótesis ocupacional.

Coincidencia geográfica entre algunas zonas históricamente mineras y determinadas áreas de exceso de mortalidad plantea la necesidad de explorar el posible papel de exposiciones ocupacionales históricas en la distribución observada.

XLIV Reunión Anual
de la Sociedad Española de
Epidemiología (SEE)

XXI Congresso
da Associação Portuguesa
de **Epidemiologia (APE)**

23-26 de junio de 2026
Facultad de Ciencias de la Salud. UPNA

PAMPLONA~IRUÑA

Avanzando con equidad por una
Salud Pública para toda la población
Avançando com equidade rumo à
Saúde Pública para toda a população



Muchas gracias. Eskerrik asko. Obrigado :)