

□

ANÁLISIS DE DATOS ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE LA EPIDEMIOLOGÍA

Prof. Dr. Maria A Barceló y Prof. Dr. Marc Saez

8, 10, 14 y 16 de septiembre de 2021

Grupo de Investigación en Estadística, Econometría y Salud (GRECS), Universidad de Girona
CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP)

INTRODUCCIÓN AL CURSO

1. Introducción al curso
2. Introducción a la epidemiología y la estadística espacial
3. Panorámica de los modelos mixtos
4. Panorámica de los modelos mixtos - Prácticas
5. Introducción a INLA y R INLA
6. R INLA - Prácticas

Miércoles 8

Viernes 10

INTRODUCCIÓN AL CURSO

- 7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad
- 8. Mapas de enfermedades. Suavización de razones de incidencia y de mortalidad estandarizadas
- 9. Mapas de enfermedades – Prácticas
- 10. Estudios de asociación geográfica. Regresión ecológica espacial
- 11. Regresión ecológica espacial - Prácticas

Martes 14

INTRODUCCIÓN AL CURSO

- 12. Agrupación de casos
- 13. Extensiones: BYM2, procesos puntuales, leaflet, pc priors
- 14. Extensiones – Prácticas

} Jueves 16

EPIDEMIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA ESPACIAL

Actualmente, existe una gran necesidad de **métodos espaciales** ya que:

- la mayoría de estudios epidemiológicos tienen un **componente espacial**
- estamos interesados en tener en cuenta el **componente espacial**
- muy habitualmente, **el área de estudio es pequeña** y/o hay una gran cantidad de **información a nivel individual con información de la localización** geográfica

EPIDEMIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA ESPACIAL

- ¿Por qué estamos interesados en tener en cuenta la componente espacial?
- Porque nos interesa explícitamente el patrón espacial del factor de riesgo: **mapas de enfermedades**
 - Porque este recoge gran parte de la confusión no observada: **regresión espacial**
 - Porque observamos aglomeraciones en el espacio: **detección de agrupaciones**
 - Porque nos interesan los efectos de un foco contaminante en la salud de los habitantes residentes en sus alrededores: **identificación de focos**

MAPAS DE ENFERMEDADES

Los **mapas de enfermedades** proporcionan una primera visión de la distribución espacial de la enfermedad, del suceso de salud o bien de los factores de riesgo de los mismos.

Son un resumen visual del riesgo geográfico.

MAPAS DE ENFERMEDADES

Los **mapas de enfermedades** se utilizan para:

- ***propósitos descriptivos:*** para resumir la variación espacial y espacio-temporal del riesgo de la enfermedad.
- ***generar hipótesis etiológicas:*** los mapas de exposición permiten un examen informal (examen formal mediante regresión espacial)
- ***vigilancia:*** para resaltar áreas aparentemente de alto riesgo
- ayudar a la formulación de políticas y la asignación de recursos

MAPAS DE ENFERMEDADES

La representación de la distribución espacial de la enfermedad en un mapa se puede llevar a cabo a diferentes escalas:

- a escala ***internacional***: comparaciones entre países (OMS)
- a escala ***nacional***: comparaciones entre comunidades autónomas, regiones, ABS, ...
- a escala ***local***: estudios en áreas pequeñas

MAPAS DE ENFERMEDADES

Representación de la distribución espacial de la enfermedad en un mapa

- a escala ***internacional***: comparaciones entre países (OMS)
 - grandes diferencias internacionales en las tasas de mortalidad por cáncer de pulmón, potencialmente explicadas por las diferencias en las prevalencias del tabaquismo
 - altas tasas de cáncer de hígado en África y el sudeste asiático, relacionadas con la hepatitis B

MAPAS DE ENFERMEDADES

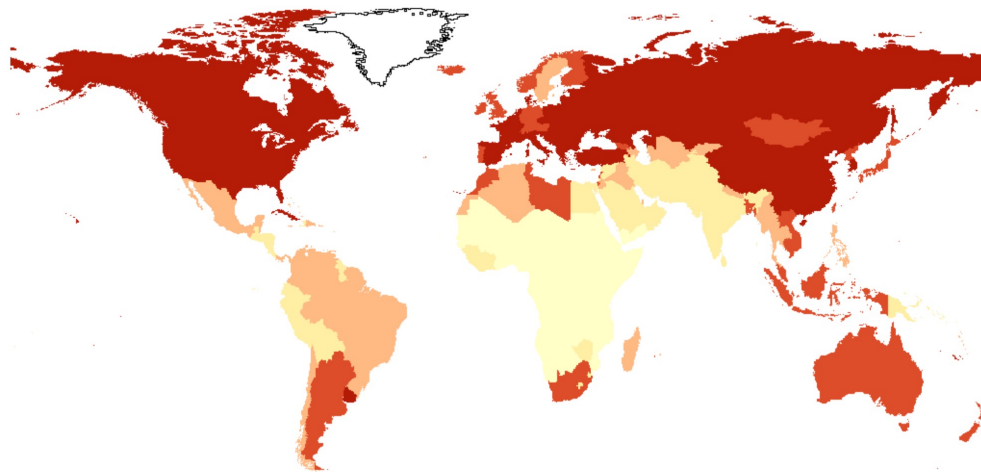
- a escala **internacional**: comparaciones entre países (OMS)

International scale: Lung cancer rates - worldwide, 2008

International Agency for Research on Cancer

Estimated age-standardised mortality rate per 100,000

Lung: male, all ages



GLOBOCAN 2008 (IARC) - 8.2.2013

7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad

MAPAS DE ENFERMEDADES

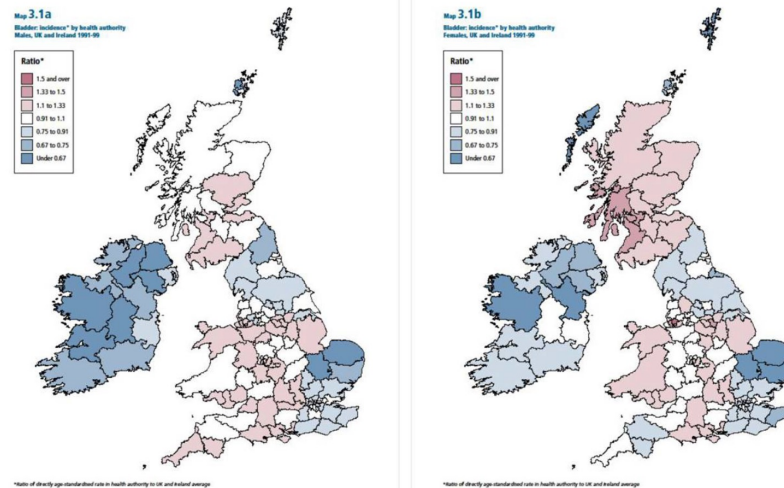
Representación de la distribución espacial de la enfermedad en un mapa

- a escala ***nacional***: comparaciones entre comunidades autónomas, regiones, ABS, ...
 - la mayoría de los atlas de enfermedades publicados se hallan dentro de esta categoría

MAPAS DE ENFERMEDADES

- a escala **nacional**: comparaciones entre comunidades autónomas, regiones, ABS, ...

National scale: Bladder cancer incidence in the UK and Ireland - Cancer Atlas of the United Kingdom and Ireland, 1991 - 2000



source: <http://www.ons.gov.uk/ons/rel/cancer-unit/cancer-atlas-of-the-united-kingdom-and-ireland/1991—2000/index.html>

7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad

MAPAS DE ENFERMEDADES

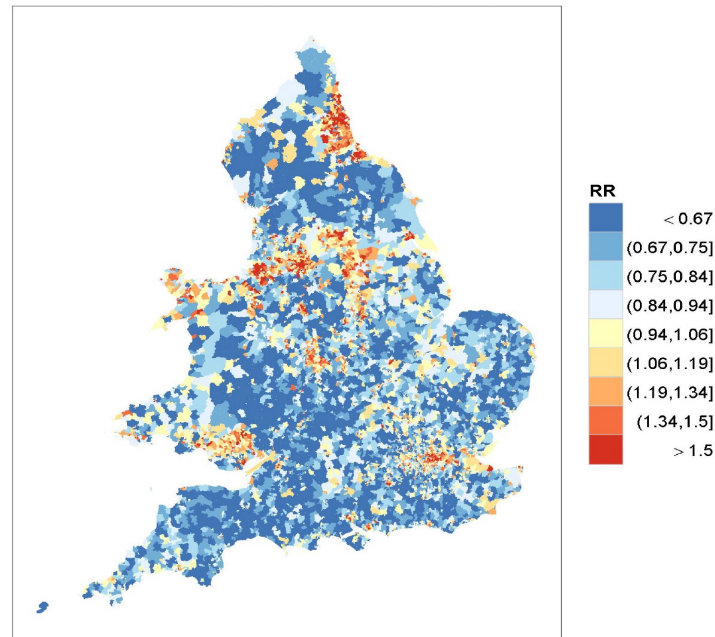
Representación de la distribución espacial de la enfermedad en un mapa

- a escala **local**: estudios en áreas pequeñas
 - escala subnacional, por ejemplo, municipios, barrios, secciones censales, ...
 - cada vez más frecuente a medida que mejoran los datos y los métodos

MAPAS DE ENFERMEDADES

- a escala **local**: estudios en áreas pequeñas

Lung cancer incidence in males, 1985-2009, England and Wales



MAPAS DE ENFERMEDADES

En la actualidad, estos mapas no tienen sentido si no se refieren a áreas pequeñas.



DISEÑO Y ANÁLISIS DE ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS EN ÁREAS PEQUEÑAS

MAPAS DE ENFERMEDADES

¿Por qué nos interesa representar gráficamente en mapas estas medidas de ocurrencia de la enfermedad en áreas pequeñas?

MAPAS DE ENFERMEDADES

- Porque existe un interés en representar en un mapa las variaciones geográficas en los resultados de salud a pequeña escala
 - Destacar las fuentes de heterogeneidad y patrones espaciales
 - Sugerir determinantes de salud pública o pistas etiológicas
- Porque a pequeña escala (a nivel de municipio, barrio, sección censal, ...)
 - estas medidas son menos susceptibles al sesgo ecológico (agregación)
 - existe una mayor capacidad de detectar efectos altamente localizados

MAPAS DE ENFERMEDADES

Pero, ¿qué indicadores de ocurrencia de la enfermedad deberíamos representar en estos mapas?

MAPAS DE ENFERMEDADES

Algunas de las medidas de ocurrencia de la enfermedad más conocidas son:

- números absolutos (recuentos)
- prevalencia
- incidencia
- mortalidad

MAPAS DE ENFERMEDADES

- **Morbilidad**
 - *prevalencia*
 - *incidencia*

MAPAS DE ENFERMEDADES

➤ Morbilidad

- *prevalencia*
 - ✓ registros
 - ✓ admisiones hospitalaries (problemas de calidad de los datos por cuestiones administrativas)

MAPAS DE ENFERMEDADES

➤ Morbilidad

- *incidencia*

- ✓ datos habitualmente disponibles sólo para los diferentes tipos de cáncer (registros)
- ✓ pueden ser más sensibles a los efectos de la exposición
- ✓ menor lapso de tiempo entre la exposición y el suceso en comparación con la mortalidad

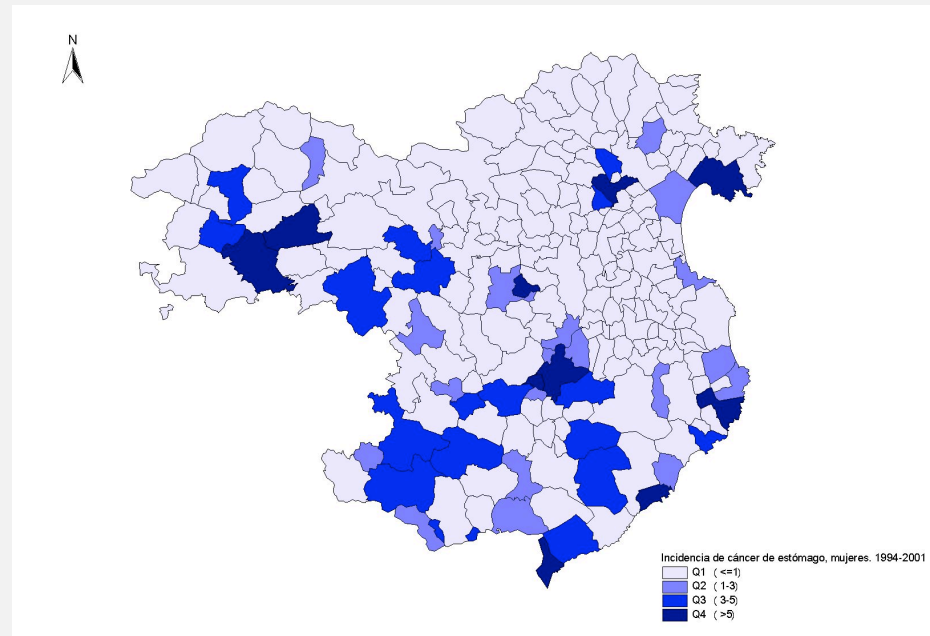
MAPAS DE ENFERMEDADES

➤ Mortalidad

- es la fuente de datos más fácilmente disponible para todas las enfermedades
- debería ser completa y relativamente precisa

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

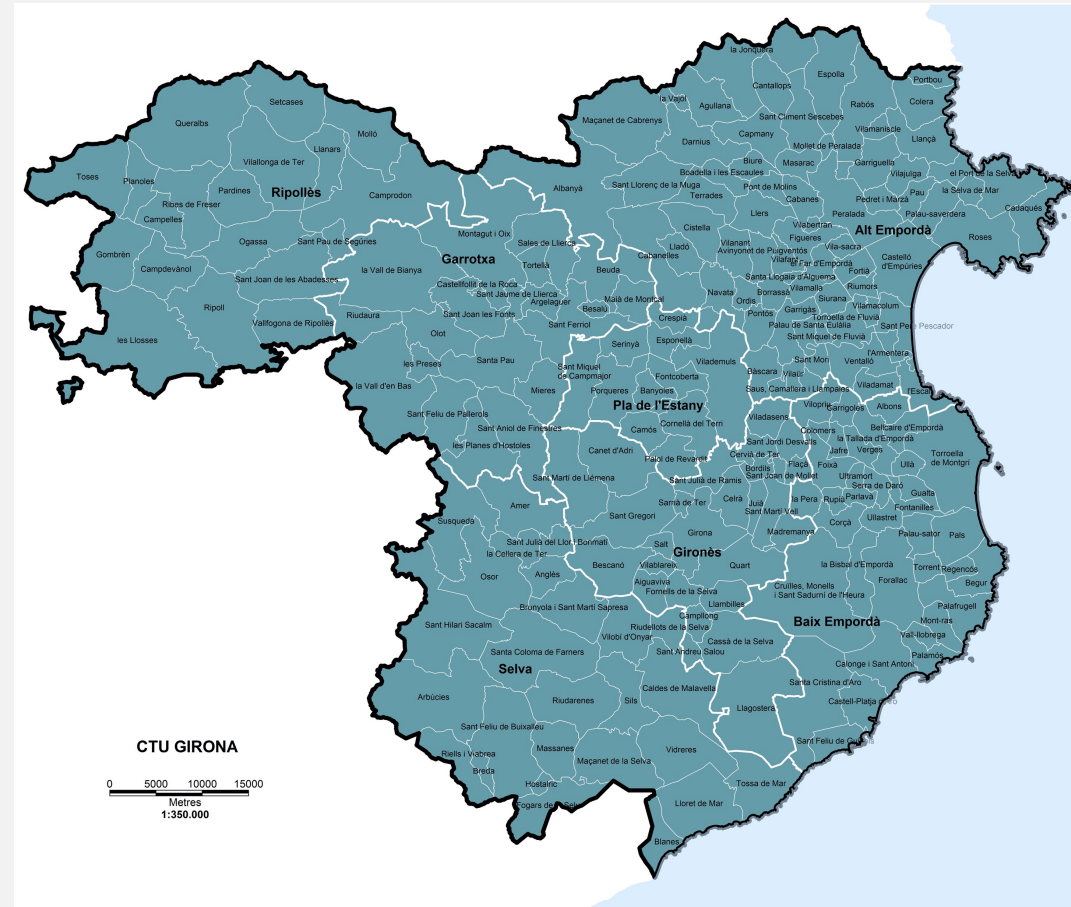
➤ Casos observados vs. tasas



Incidencia de cáncer de estómago en mujeres, 1994-2001. **Número de casos**

7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad

MAPA DE LOS MUNICIPIOS DE LA REGIÓN SANITARIA GIRONA



7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Supongamos dos municipios de 10.000 habitantes, A y B.

En A se observaron 125 casos de cáncer y en B, 182.

Tasas crudas: 12,5 (por 1.000 habitantes) en **A** y **18,2** (por 1.000 habitantes) en **B**.



¿Existe un mayor riesgo de morir de cáncer en el municipio B?

ESTANDARDIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Supongamos dos municipios de 10.000 habitantes, A y B.

En A se observaron 125 casos de cáncer y en B, 182.

Tasas crudas: 12,5 (por 1.000 habitantes) en **A** y **18,2** (por 1.000 habitantes) en **B**.



¿Existe un mayor riesgo de morir de cáncer en el municipio B?

PREGUNTA CLAVE: *¿Es la composición por edad en los dos municipios la misma?*

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Antes de contestar, calcularemos las **tasas estandarizadas** mediante el método indirecto. Para ello, nos fijaremos en la **composición por edad** en cada municipio.

Grupos edad	Población		Composición poblacional (%)		Número de casos		Tasa específica (por 10 ³)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0-4	1.000	4.500	10	45	63	90	63	20
5-14	3.500	3.500	35	35	50	84	14,29	24
15 o més	5.500	2.000	55	20	12	8	2,18	4
Total	10.000	10.000	100%		125	182	12,5	18.2

La composición por edad es diferente en A (edad más avanzada) y en B (más jóvenes).

7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Ahora estandarizaremos por edad mediante el método indirecto.

	Población A			Población B			Población estándar		
Grupos edad	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)
0-4	1.000	63	63	4.500	90	20	5.500	153	27,82
5-14	3.500	50	14,286	3.500	84	24	7.000	134	19,14
15 o más	5.500	12	2,182	2.000	8	4	7.500	20	2,67
Total	10.000	125	12,5	10.000	182	18,2	20.000	307	15,35

Tasa cruda población A

Tasa cruda población B

Tasa cruda población estándar

7. Mapas de enfermedades. Estandarización de razones de incidencia y mortalidad

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas estandarizadas por edad por el método indirecto

$$Tasa\ estandarizada_A = \frac{125}{27,82 \times 1.000 + 19,14 \times 3.500 + 2,67 \times 5.500} \times 15,35 = 0,00114 \times 15,35 = 0,01752$$

	Población A			Población B			Población estándar		
Grupos edad	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)
0-4	1.000	63	63	4.500	90	20	5.500	153	27,82
5-14	3.500	50	14,286	3.500	84	24	7.000	134	19,14
15 o més	5.500	12	2,182	2.000	8	4	7.500	20	2,67
Total	10.000	125	12,5	10.000	182	18,2	20.000	307	15,35



Tasa cruda población A



Tasa cruda población B



Tasa cruda población estándar

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas estandarizadas por edad por el método indirecto

$$Tasa\ estandarizada_B = \frac{182}{27,82 \times 4.500 + 19,14 \times 3.500 + 2,67 \times 2.200} \times 15,35 = 0,00092 \times 15,35 = 0,01414$$

	Población A			Población B			Población estándar		
Grupos edad	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)
0-4	1.000	63	63	4.500	90	20	5.500	153	27,82
5-14	3.500	50	14,286	3.500	84	24	7.000	134	19,14
15 o més	5.500	12	2,182	2.000	8	4	7.500	20	2,67
Total	10.000	125	12,5	10.000	182	18,2	20.000	307	15,35

Tasa cruda población A

Tasa cruda población B

Tasa cruda población estándar

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Supongamos dos municipios de 10.000 habitantes, A y B.

En A se observaron 125 casos de cáncer y en B, 182.

Tasas crudas: 12,5 (por 1.000 habitantes) en **A** y **18,2** (por 1.000 habitantes) en **B**.

Tasas estandarizadas (por edad) método indirecto: 17,5 (por 1.000 habitantes) en **A** y **14,1** (por 1.000 habitantes) en **B**.

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Otra manera de ver esto.

(1) Grupos edat	(2) Población estándar	(3) Tasas específicas
	A+B	
0-4	5.500	$(63+90)/5.500=0,02782$
5-14	7.000	$(50+84)/7.000=0,01914$
15 o més	7.500	$(12+8)/7.500=0,00267$
Total	20.000	

Grupos edad	Población		Tasas específicas		Casos esperados	
	A	B			A	B
0-4	1.000	4.500	0,02782	0.02782×1000 0.02782×4500	27,82	125,19
5-14	3.500	3.500	0,01914		66,99	66,99
15 o més	5.500	2.000	0,00267		14,685	5,34
Total	10.000	10.000	100%	Esperados totales	109,495	197,52
Observados totales	125	182				
Estandarizados	$125/109,495$ =1,1416	$182/197,52$ =0,9214				

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

Supongamos dos municipios de 10.000 habitantes, A y B.

Tasas crudas: 12,5 (por 1.000 habitantes) en **A** y **18,2** (por 1.000 habitantes) en **B**.

Tasas estandarizadas (por edad) método indirecto: 17,5 (por 1.000 habitantes) en **A** y **14,1** (por 1.000 habitantes) en **B**.

Tasas estandarizadas (por edad) método directo: 23,14 (por 1.000 habitantes) en **A** y **15,4** (por 1.000 habitantes) en **B**.

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas

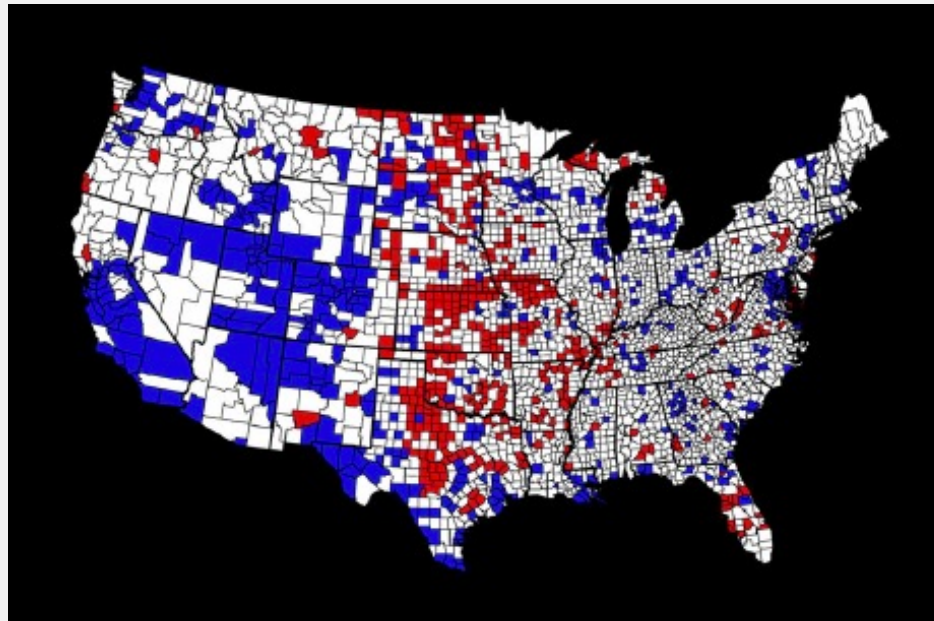


Figure 2
Unadjusted Mortality Rates 1993–1997 Red = High Mortality White = Normal Mortality Blue = Low Mortality

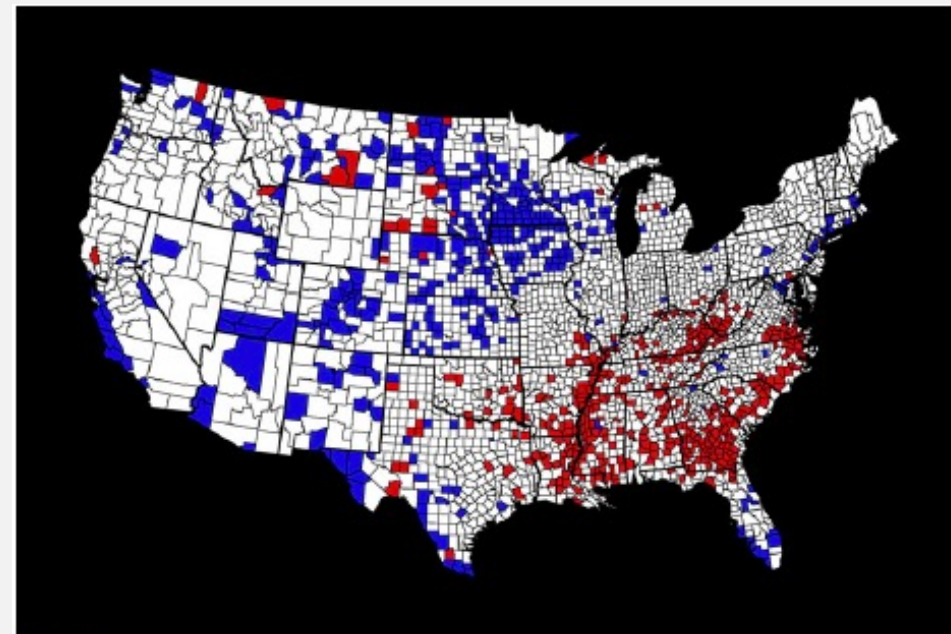


Figure 3
Age Adjusted Mortality Rates 1993–1997 Red = High Mortality White = Normal Mortality Blue = Low Mortality

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas crudas vs. tasas estandarizadas



Figura 3. Tasas crudas por muertes súbitas cardíacas. República mexicana, 2010.



Figura 4. Tasas estandarizadas por muertes súbitas cardíacas. República mexicana, 2010.

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

En conclusión, **las tasas deben estandarizarse o ajustarse.**

Hemos visto un tipo de estandarización (estandarización indirecta), pero existen **dos métodos de estandarización:**

- **Estandarización directa:** los casos esperados se calculan a partir de la estructura de edad y sexo de la población de referencia.
- **Estandarización indirecta:** los casos esperados se calculan a partir de las tasas específicas de enfermedad de la población de referencia.

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas estandarizadas por edad por el método directo

$$Tasa\ estandarizada_A = \frac{63 \times 2.500 + 14,286 \times 7.000 + 2,182 \times 7.500}{20.000} = \frac{462.867}{20.000} = 23,14$$

	Población A			Población B			Población estándar		
Grupos edad	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)
0-4	1.000	63	63	4.500	90	20	5.500	153	27,82
5-14	3.500	50	14,286	3.500	84	24	7.000	134	19,14
15 o más	5.500	12	2,182	2.000	8	4	7.500	20	2,67
Total	10.000	125	12,5	10.000	182	18,2	20.000	307	15,35



Tasa cruda población A



Tasa cruda población B



Tasa cruda población estándar

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

➤ Tasas estandarizadas por edad por el método directo

$$Tasa\ estandarizada_B = \frac{20 \times 5.500 + 24 \times 7.000 + 4 \times 7.500}{20.000} = \frac{308.867}{20.000} = 15,4$$

	Población A			Población B			Población estàndard		
Grupos edad	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)	Población	Casos	Tasa (por 10 ³)
0-4	1.000	63	63	4.500	90	20	5.500	153	27,82
5-14	3.500	50	14,286	3.500	84	24	7.000	134	19,14
15 o más	5.500	12	2,182	2.000	8	4	7.500	20	2,67
Total	10.000	125	12,5	10.000	182	18,2	20.000	307	15,35

Tasa cruda población A

Tasa cruda población B

Tasa cruda población estàndard

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

Datos: habitualmente disponemos de datos para una región de interés/área de referencia, a nivel geográfico y para un período de tiempo determinado. Por ejemplo, Cataluña, nivel de sección censal, período 2011-2020

- O_i : número de casos observados en el área i
- E_i : número de casos esperados en el área i , basados en el tamaño de la población, ajustados por edad, sexo, otros estratos, ...
- n_i : población a riesgo en el área i

Parámetro de interés: Riesgo relativo λ_i en cada área comparado con área de referencia escogida

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- Calcularemos el número de casos esperados si la población tiene la misma tasa de mortalidad/incidencia estrato específica que en el área de referencia
- Ajustaremos (estratificaremos) por: edad, sexo, ...
- Estandarización indirecta:

$$E_i = \sum_j n_{ij} r_j$$

on r_{ij} es la tasa de enfermedad para el estrato j en la población de referencia y n_{ij} es la población a riesgo en el área i , estrato j (si se compara internamente: $\sum_{i=1}^N O_i = \sum_{i=1}^N E_i$)

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

Otro ejemplo: Incidencia de cáncer de pulmón en hombres, para todas las edades, usando las tasas de Inglaterra y Gales como referencia, para el período 1985-2009

Strata Age group	Reference area=EW			Ward A		
	Population n_j	Observed O_j	Age-specific rate per 100,000 males $r_j = \frac{O_j}{n_j}$	Population n_{ij}	Observed O_{ij}	Expected $E_{ij} = \frac{n_{ij} * r_j}{100000}$
0—4	41,400,692	15	0.04	11,438	0	0.00
5—9	41,143,722	6	0.01	9,697	0	0.00
10—14	41,469,696	9	0.02	9,026	0	0.00
15—19	43,087,823	39	0.09	8,650	0	0.01
20—24	45,441,353	79	0.17	12,409	0	0.02
25—29	46,873,725	172	0.37	16,963	0	0.06
30—34	46,927,658	518	1.10	17,303	0	0.19
35—39	46,936,367	1,465	3.12	13,847	0	0.43
40—44	45,304,711	4,136	9.13	11,843	1	1.08
45—49	41,657,557	9,835	23.61	9,457	5	2.23
50—54	38,451,416	20,929	54.43	8,561	3	4.66
55—59	35,842,426	40,427	112.79	7,613	8	8.59
60—64	32,480,032	68,230	210.07	6,968	5	14.64
65—69	28,231,499	95,794	339.32	6,290	15	21.34
70—74	23,315,240	110,371	473.39	5,098	27	24.13
75—79	17,297,264	102,038	589.91	4,049	22	23.89
80—84	10,498,214	68,273	650.33	2,616	20	17.01
85+	6,289,452	38,748	616.08	1,312	12	8.08
TOTAL	632,648,846	561,084		163,140	118	126.38

$$SIR_A = \frac{118}{126.38} = 0.93$$

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

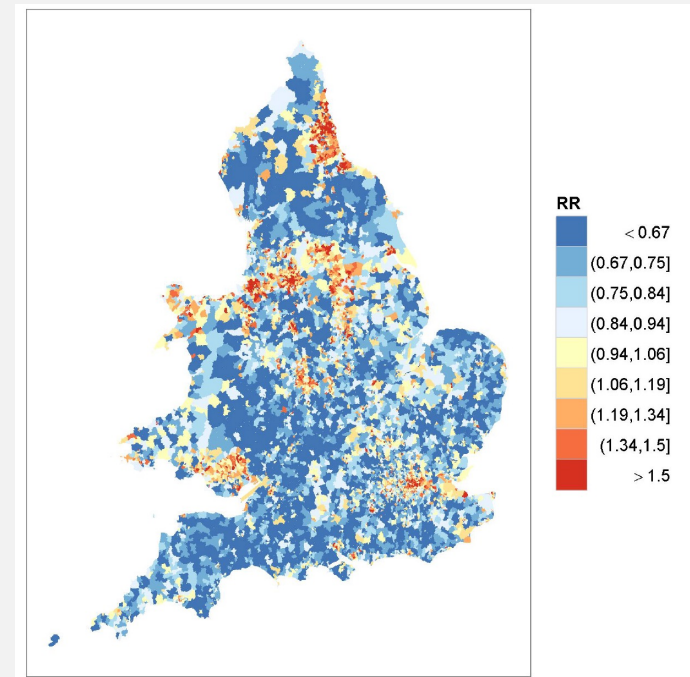
Interpretación:

$$SIR_A = \frac{118}{126.38} = 0.93$$

- Tenemos menos casos incidentes de cáncer de pulmón en hombres en el área de salud A que los que se esperaría (un 7% menos) en esta área una vez ajustado por grupos de edad.

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- Razón de incidencia estandarizada (RIE=O/E) de cáncer de pulmón en hombres en Inglaterra y Gales (1985-2009) a nivel de condado (counties)



ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- La práctica común consiste en **representar** en un mapa las **RME (o RIE)**:
 - **en el caso de enfermedades raras y/o áreas pequeñas, las RME (o RIE) son muy imprecisas** porque la varianza es proporcional al cuadrado del denominador (es decir, es proporcional al número de casos esperados al cuadrado)
 - la varianza asociada a las áreas que tengan casos esperados pequeños será muy alta

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- Las **RME (o RIE) se estiman independientemente** en cada área
- Las RME (o RIE) no utilizan las estimaciones del riesgo en otras áreas del mapa, aún cuando es probable que sean similares. Es decir, ***no tienen en cuenta la muy probable dependencia espacial***

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- Les tasas estandarizadas (**RME o RIE**) son muy inestables

Observado = 100	Observado = 2
Esperado = 80	Esperado = 1,6
RIE = 1,25	RIE = 1,25
Observado = 101	Observado = 3
Esperado = 80	Esperado = 1,6
RIE = 1,26 (1% más)	RIE = 1,88 (50% más)

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- Recordemos que nuestro **parámetro de interés** es el riesgo relativo λ_i en cada área comparado con la área de referencia escogida.
- En lugar de calcular el parámetro de interés (com hemos hecho anteriormente), lo que se suele hacer es **estimar** el mismo mediante una regresión.
- **Para estimar este parámetro**, lo más habitual sería utilizar una **regresión de Poisson** donde la variable respuesta es el numerador del riesgo relativo, es decir, los casos observados (variable discreta o de recuento) y los casos esperados se introducen como offset.

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- **Modelo estadístico** estándar si tenemos **enfermedades raras y/o áreas pequeñas**:

$$O_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i E_i)$$

donde E_i es el número de casos esperados en el área i

- **Parámetro de interés**: el riesgo relativo λ_i que se estima habitualmente mediante razones de mortalidad estandarizadas (RME) y/o razones de incidencia estandarizadas (RIE):

$$\hat{\lambda}_i = SMR_i \text{ o } SIR_i = \frac{O_i}{E_i} \quad \text{y} \quad \text{Var}(\hat{\lambda}_i) = \frac{\lambda_i}{E_i} \rightarrow \widehat{\text{Var}}(\hat{\lambda}_i) = \frac{O_i}{E_i^2}$$

Recordemos: $X \sim \text{Poisson}(\mu) \leftrightarrow E(X) = \text{Var}(X) = \mu$

ESTANDARIZACIÓN DE RAZONES DE INCIDENCIA Y MORTALIDAD

- En el caso de **enfermedades más comunes** suele utilizarse el **modelo Binomial** :

$$O_i \sim \text{Binomial}(p_i, N_i)$$

donde N_i = población a riesgo y p_i = probabilidad de enfermedad

- $\text{logit}(p_i) = \alpha + V_i$
- **Parámetro de interés:**

$$\text{odds ratio} = OR_i = \exp(\alpha + V_i)$$



“Data don’t make any sense,
we will have to resort to statistics.”