

**IMPACTE DE LA COVID-19 I DE LES
MESURES PER COMBATRE-LA EN LES
TAXES DE MORTALITAT DE LA POBLACIÓ DE
LES ILLES BALEARS**

Impacte de la COVID-19 i de les mesures per combatre-la en les taxes de mortalitat de la població de les Illes Balears

Myriam García-Olalla

Eliseo Navarro Arribas

Pilar Requena Cabezuelo

Resum

En aquest treball s'analitza l'impacte de la COVID-19 en les taxes de mortalitat de la població resident a les Illes Balears l'any 2020. Per a això, s'apliquen tècniques actuàries de «graduació» que permeten eliminar part de l'aleatorietat d'un fenomen com és la mortalitat per obtenir estimacions de les taxes de mortalitat edat per edat (des d'1 fins a 99 anys). A diferència d'altres estudis, aquest treball se centra en les taxes de mortalitat i no en el nombre de morts, cosa que proporciona una imatge diferent de les conseqüències de la pandèmia en la població. D'aquesta manera, les ràtios de les taxes de mortalitat dels períodes 2020 i 2018-2019 posen de manifest com la COVID-19 ha impactat de manera molt diferent en els diferents trams d'edat i en les poblacions masculina i femenina. D'altra banda, els resultats obtinguts mostren alguns patrons comuns en el comportament de la mortalitat balear i de l'espanyola durant l'any 2020, com ha estat la important disminució relativa de la mortalitat de nens i adolescents o el sever increment relatiu de la mortalitat en la població femenina entre 30 i 40 anys, superior al 15%. Però també ha de destacar-se que, exceptuant el grup de dones entre 30 i 40 anys, l'impacte de la COVID-19 en les taxes de mortalitat de la població balear durant 2020 ha estat notablement inferior al del conjunt de la població espanyola, especialment en la població de més edat.

Resumen

En este trabajo se procede a analizar el impacto del COVID-19 en las tasas de mortalidad de la población residente de las Islas Baleares en el año 2020. Para ello, se aplican técnicas actuariales de "graduación" que permiten eliminar parte de la aleatoriedad de un fenómeno como es la mortalidad para obtener estimaciones de las tasas de mortalidad edad por edad (desde 1 hasta 99 años). A diferencia de otros estudios, este trabajo se centra en las tasas de mortalidad y no en el número de fallecidos lo que proporciona una imagen diferente de las consecuencias de la pandemia en la población. De esta forma, las ratios de las tasas de mortalidad de los periodos 2020 y 2018-19 ponen de manifiesto como el COVID-19 ha impactado de manera muy diferente en los distintos tramos de edad y en las poblaciones masculina y femenina. Por otra parte, los resultados obtenidos muestran algunos patrones comunes en el comportamiento de la mortalidad balear y de la española durante el año 2020, como ha sido la importante disminución relativa de la mortalidad de niños y adolescentes o el severo incremento relativo de la mortalidad en la población femenina entre los 30 y 40 años, superior al 15%. Pero también debe destacarse que, exceptuando al grupo de mujeres entre los 30 y los 40 años, el impacto del COVID en las tasas de mortalidad de la población balear durante 2020 ha sido notablemente inferior al del conjunto de la población española, en especial, en la población de mayor edad.

1. Introducció

És ben conegut que la irrupció de la pandèmia ha suposat un canvi brusc en el patró de descens continuat de les taxes de mortalitat tant a les Illes Balears com en el conjunt d'Espanya,¹ tendència que havia situat l'esperança de vida de totes dues poblacions entre les més altes del món.

Des d'aquesta situació de partida, en aquest treball es pretén, d'una banda, descriure i quantificar quin ha estat l'impacte de la COVID-19 i de les mesures que es van adoptar per combatre la malaltia en la mortalitat de la població de les Illes Balears durant l'any 2020. I, d'altra banda, es procedirà a comparar el que ha ocorregut a les Illes Balears amb el que ha passat en la població general d'Espanya, tractant de detectar pautes diferenciades tant qualitativament com quantitativament.

Són molts els estudis que s'han realitzat per tractar d'analitzar les conseqüències de la COVID-19 en la mortalitat de diferents col·lectius, estudis centrats en l'increment / el decrement del nombre de morts durant l'any 2020 en relació amb el que caldria esperar en una situació pre-pandèmica. No obstant això, l'element distintiu d'aquest treball és que posa èmfasi en l'impacte de la pandèmia en les taxes de mortalitat de l'any 2020. Encara més, la metodologia que s'aplicarà permet dur a terme una anàlisi detallada per edats (edat a edat des d'1 fins a 99 anys) de les taxes de mortalitat.

Posar el focus de l'anàlisi en les taxes de mortalitat en lloc del nombre de morts permet veure d'una manera diferent per a quins trams d'edats de la població ha estat més intensa la incidència de la sobremortalitat/inframortalitat ocasionada tant per la COVID-19 com per les mesures adoptades per frenar-ne les conseqüències. En aquest sentit, han de tenir-se en compte les enormes diferències entre les taxes de mortalitat en funció de l'edat i el sexe dels individus. Així, si algun esdeveniment causés que totes les taxes de mortalitat es dobles i afectessin, per tant, amb la mateixa intensitat tota la població, l'impacte en el nombre de morts seria més gran per a aquells col·lectius que partissin d'una taxa de mortalitat elevada, com ara les persones grans, encara que la intensitat de l'esdeveniment hagués estat, tal com assenyalam, la mateixa per a tots els individus. És precisament aquest enfocament que posa l'èmfasi en l'impacte relatiu sobre les taxes de mortalitat, el que intentem fer ressaltar en aquest treball.

1. Vegeu, sobre aquest tema, Lluch, F. D. (2017)

Per aconseguir el nostre objectiu s'utilitzarà una metodologia desenvolupada en l'àmbit de les ciències actuàries denominada «graduació de la corba de mortalitat»,² que permet estimar les taxes de mortalitat eliminant el que podríem denominar com l'aleatorietat pròpia d'un fenomen estocàstic com és la mortalitat. En concret, es parteix de la idea que les taxes de mortalitat són una funció suavitzada de l'edat, és a dir, que la taxa de mortalitat d'un individu amb 40 anys no pot ser molt diferent de la taxa de mortalitat amb 40 anys i un mes. El gran avantatge d'aquesta metodologia és que permetrà disposar d'estimacions de les taxes de mortalitat edat a edat, en particular des de l'edat d'1 anys fins a 99 anys (les taxes de mortalitat corresponents al primer any de vida (edat 0), donades les seves peculiaritats, no s'han tingut en compte en aquest treball, que se centra fonamentalment en les edats més avançades, encara que contingui comentaris relatius a totes les edats).

Un problema que sorgeix de cara a procedir a l'estimació de les taxes de mortalitat per a una edat concreta és que quan el col·lectiu és relativament reduït (per exemple, els nins o nines amb una determinada edat), el nombre de morts durant el període d'anàlisi pot ser zero. De fet, aquest cas es dona amb molta freqüència en persones amb menys de 30 anys en una població de la dimensió de la de les Illes Balears. Per resoldre aquesta qüestió i tractar de disposar d'estimacions de la probabilitat de defunció per a cada edat, s'ha partit del supòsit que les taxes de mortalitat (en termes logarítmics) de la població de les Illes Balears de menys de 30 anys en les dones i de menys de 20 anys en els homes poden estimar-se com una translació lineal de les corresponents al conjunt de la població espanyola. Per aquest motiu, ha de posar-se de manifest la limitació d'alguns aspectes qualitius dels resultats que s'obtinguin per a aquests trams d'edat, sobretot en comparar-los amb la població espanyola. Això no és obstacle perquè siguin rellevants els resultats en termes quantitius (augmentos o disminucions de les taxes de mortalitat o més/menys impacte de la COVID-19 en relació amb la població espanyola) per al conjunt d'aquests trams d'edat.

Una cosa similar pot dir-se de les taxes de mortalitat corresponents a les edats més avançades (superiors a 95 anys), trams en els quals les dades de mortalitat són molt volàtils i difícils de recol·lectar.

2. Metodologia

La metodologia que se seguirà en aquest estudi està basada en el treball de Navarro i Requena (2022), en el qual s'analitza l'impacte de la COVID-19 en les taxes de mortalitat de la població espanyola per a l'any 2020. A partir de les dades de les xifres de població i de defuncions del Moviment Natural de la Població de les Illes Balears,

2. Per a una anàlisi de les tècniques de graduació de les corbes de mortalitat vegeu, entre d'altres: Helligman, L. i Pollard, J. H. (1980); Forfar, D. O., McCutcheon, J.J. i Wilkie, A. D. (1988); McCutcheon, J. J. (1985), Pitacco, E., Denuit, M., Haberman, S. i Olivieri, A. (2009).

publicades per l'Institut Nacional d'Estadística, es procedeix a l'estimació de les taxes brutes de mortalitat corresponents al període 2018-2019, edat a edat, distingint entre homes i dones.

El pas següent és l'estimació de les taxes brutes de mortalitat per al període 2020. Tal com indiquen Navarro i Requena (2022), hi ha dues alternatives per comparar les taxes de mortalitat dels períodes 2018-2019 i 2020. La primera opció seria dur a terme una estimació de les taxes de mortalitat esperades per a 2020 a partir de l'aplicació d'algun model dinàmic de mortalitat. La segona opció, que és la que finalment s'ha triat, consisteix a comparar directament les taxes de mortalitat de tots dos períodes. Entenem que l'aplicació de models dinàmics per estimar les taxes de mortalitat esperades per a l'any 2020 en cas de no haver-hi pandèmia, podria introduir errors d'especificació de model que podrien condicionar seriosament els resultats. D'altra banda, i atès que les dades del període previ a la pandèmia són molt pròximes a l'inici d'aquesta, la possible sobreestimació de l'increment no esperat en les taxes de mortalitat ocasionada per la COVID-19 és molt reduïda. A més, per comparar els resultats de la població balear amb l'espanyola s'ha de seguir la mateixa metodologia que l'emprada per al conjunt d'Espanya.

El primer pas per a l'estimació de les taxes de mortalitat és calcular l'exposició inicial al risc que denotarem per E_x^{18-19} i E_x^{20} , i que es defineix com el temps potencialment viscut per la població resident balear amb edat x (darrer aniversari) durant els períodes 2018-2019 i 2020 respectivament. Sota la hipòtesi que les defuncions dels individus es distribueixen uniformement, observem que:

$$E_x^{18-19} \approx [0,25 \cdot P_x^{01.01.18} + 0,5 \cdot P_x^{01.07.18} + 0,5 \cdot P_x^{01.01.19} + 0,5 \cdot P_x^{01.07.19} + 0,25 \cdot P_x^{01.01.20}] + 0,5 \cdot [\theta_x^{18} + \theta_x^{19}] \quad (1)$$

per a $x = 1, 2, \dots, 99$; i cal tenir en compte que:

P_x^t representa la població amb edat x (darrer aniversari) a t .

θ_x^y és el nombre de morts amb edat x (darrer aniversari) durant l'any y .

De la mateixa manera, per al període 2020 l'exposició inicial al risc és causada per:

$$E_x^{20} \approx [0,25 \cdot P_x^{01.01.20} + 0,5 \cdot P_x^{01.07.20} + 0,25 \cdot P_x^{01.01.21}] + 0,5 \cdot [\theta_x^{20}] \quad (2)$$

per a $x = 1, \dots, 99$; i les variables es defineixen com en el cas anterior.

Per a l'edat $x = 0$, l'exposició al risc per als períodes 2018-2019 i 2020 és calculada per:

$$E_0^{18-19} \approx [0,25 \cdot P_0^{01.01.18} + 0,5 \cdot P_0^{01.07.18} + 0,5 \cdot P_0^{01.01.19} + 0,5 \cdot P_0^{01.07.19} + 0,25 \cdot P_0^{01.01.20}] + 0,86 \cdot [\theta_0^{18} + \theta_0^{19}] \quad (3)$$

$$i, E_0^{20} \approx [0,25 \cdot P_0^{01.01.20} + 0,5 \cdot P_0^{01.07.20} + 0,25 \cdot P_0^{01.01.21}] + 0,86 \cdot [\theta_0^{20}] \quad (4)$$

atesa la concentració de defuncions durant el primer any de vida en els dies posteriors al naixement.³

En aquest treball s'utilitza la hipòtesi habitual que el nombre d'individus morts amb edat x (darrer aniversari) durant el bienni 2018-2019 i durant l'any 2020, són dues variables aleatòries que segueixen una distribució binomial. Al seu torn, aquesta hipòtesi implica que la supervivència o mort d'un individu és independent de la supervivència o mort de la resta de membres del col·lectiu estudiat. En particular, suposarem que:

$$\theta_x^{18-19} \sim B(E_x^{18-19}, q_x^{18-19}) \quad (5)$$

i que:

$$\theta_x^{20} \sim B(E_x^{20}, q_x^{20}) \quad (6)$$

on q_x^{18-19} i q_x^{20} representen, respectivament, les probabilitats de morir durant 2018-2019 i 2020 d'un individu amb edat exacta x , abans d'assolir l'edat $x+1$. Aquestes probabilitats són desconegudes.

A partir de la hipòtesi sobre la distribució binomial, immediatament es comprova que

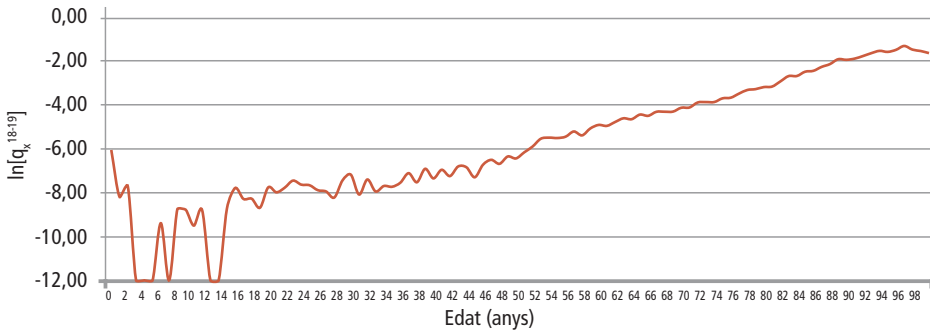
$$\hat{q}_x^{18-19} = \frac{\theta_x^{18-19}}{E_x^{18-19}} \quad \text{y} \quad \hat{q}_x^{20} = \frac{\theta_x^{20}}{E_x^{20}} \quad (7)$$

$$\text{on } \theta_x^{18-19} = \theta_x^{18} + \theta_x^{19}.$$

A \hat{q}_x^{18-19} i \hat{q}_x^{20} els denominarem «taxes brutes de mortalitat». El logaritme neperià de la taxa bruta de mortalitat per al període 2018-2019, és a dir, $\text{Ln } \hat{q}_x^{18-19}$, es representa a la figura 1 per a la població balear masculina, i a la figura 2 per a la població femenina. La representació de $\text{Ln } \hat{q}_x^{20}$ per a les poblacions masculina i femenina està continguda, respectivament, a les figures 3 i 4.

3. La dada 0,86 s'ha extret de la Human Mortality Database per a la població espanyola.

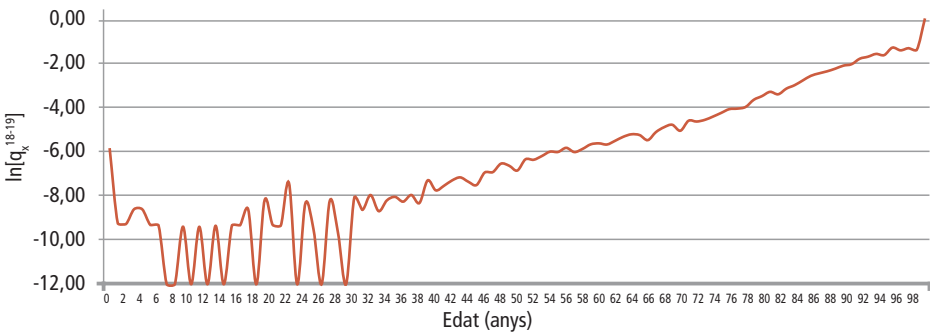
Gràfic 1 | *Logaritme neperià de les taxes brutes de mortalitat. Illes Balears. Població masculina. 2018-2019*



Font: Elaboració pròpia.

Quan la taxa bruta de mortalitat és zero, a l'efecte de representació gràfica, al logaritme neperià d'aquesta taxa se li ha adjudicat un valor de -12,00.

Gràfic 2 | *Logaritme neperià de les taxes brutes de mortalitat. Illes Balears. Població femenina. 2018-2019*



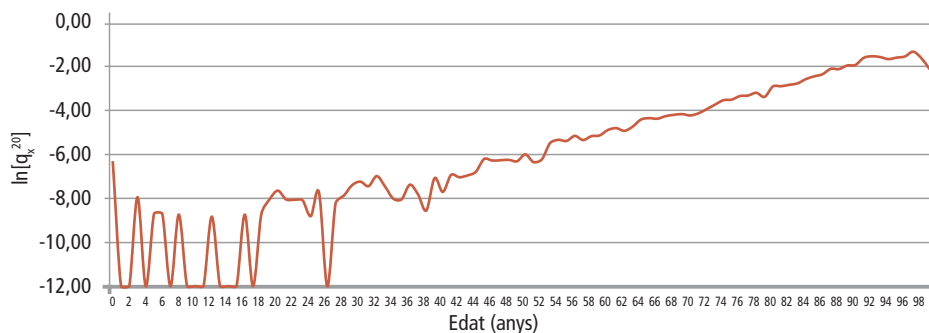
Font: Elaboració pròpia.

Apartir de la hipòtesi anterior, és possible construir intervals de confiança⁴ per als veritables valors de q_x . Encara que a vegades per a la construcció d'aquests intervals de confiança es pot assumir, en virtut del teorema central del límit, que el nombre de defuncions durant el període d'exposició es distribueix aproximadament com una normal, aquesta

4. Vegeu, sobre aquest tema, Forfar et al. (1988) i Navarro (1991).

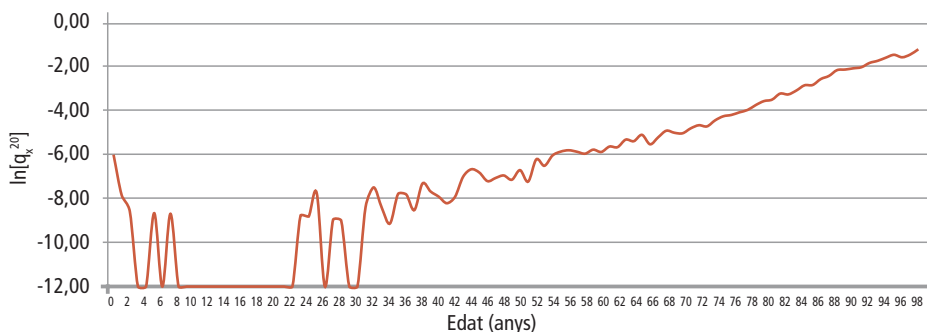
hipòtesi no és acceptable quan el nombre de defuncions és reduït, per la qual cosa, finalment, els intervals de confiança s'han establert a partir de la hipòtesi que el nombre de morts es distribueix segons una binomial seguint el que s'indica a Forfar et al. (1988). El pas següent per analitzar l'impacte de la pandèmia de COVID-19 sobre la mortalitat és procedir a la graduació de les taxes de mortalitat. Recordem que el terme «graduació» es refereix a un «procediment d'ajust aplicat a un conjunt d'estimacions amb l'objectiu d'obtenir valors ajustats amb una estructura raonable i que, en particular, no exhibeixi un comportament erràtic» (Pitacco et al., 2009). Per això, seguirem els treballs de Forfar et al. (1988) i McCutcheon (1985).

Gràfic 3 | *Logaritme neperià de les taxes brutes de mortalitat. Illes Balears. Població masculina. 2020*



Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 4 | *Logaritme neperià de les taxes brutes de mortalitat. Illes Balears. Població femenina. 2020*



Font: Elaboració pròpia.

En particular, s'aplicaran splines cúbics⁵ al logaritme de les taxes de mortalitat. No obstant això, l'aplicació d'aquesta metodologia planteja el problema que són moltes les edats, a causa de la reduïda població de les Illes Balears, en les quals no hi ha hagut defuncions durant els períodes d'observació i, per tant, les taxes brutes de mortalitat són iguals a zero. Això pot observar-se a les figures de l'1 a la 4, en què es veu clarament que el nombre de taxes brutes de mortalitat iguals a zero és molt elevat. Aquest punt és especialment greu en el segon període estudiat, l'any 2020, i més agut encara en cas de la població femenina, si bé es pot veure que està concentrat en les edats inferiors a 30 anys. Per mirar de solucionar aquesta qüestió s'ha procedit a reestimar les taxes de mortalitat de la població de les Illes Balears per a aquestes edats, suposant que, només en aquest tram, les taxes de mortalitat de les Illes Balears poden estimar-se com una translació lineal del logaritme neperià de les taxes de mortalitat espanyoles.⁶ És a dir:

$$\ln(q_x^{IB}) = \alpha + \beta \cdot \ln(q_x^E) \quad ; \quad \alpha, \beta \in \mathbb{R} \quad (8)$$

on q_x^{IB} són les taxes de mortalitat de les Illes Balears, i q_x^E són les taxes de mortalitat d'Espanya. Els paràmetres d'aquest model són estimats per màxima versemblança a partir de les taxes de mortalitat graduades corresponents a la població espanyola contingudes a Navarro i Requena (2022).

Així, sota la hipòtesi que el nombre de morts durant el període d'observació segueix una distribució binomial segons l'equació (5), el logaritme de la funció de màxima versemblança és:

$$\begin{aligned} \ln[L(\alpha, \beta; E_x, \theta_s)] &= \\ &= \sum_{x=x_0}^{x_f} \theta_x \cdot [\alpha + \beta \cdot \ln(q_x^E)] + (E_x - \theta_x) \cdot [\ln(1 - \exp(\alpha + \beta \cdot \ln(q_x^E)))] \\ &+ C \end{aligned} \quad (9)$$

Tant x_0 com x_f representen l'edat inicial i el final del tram de la corba de mortalitat que s'ha utilitzat per estimar els paràmetres α i β del model anterior (8). Els resultats obtinguts han estat els assenyalats en la taula 1.

5. Per a una descripció més detallada de l'aplicació de les funcions splines per a la graduació de les taxes de mortalitat, vegeu Navarro i Requena (2022).

6. Aquesta metodologia ja va ser aplicada per construir les taules de mortalitat de les províncies de la Comunitat Valenciana a Navarro et al. (1995).

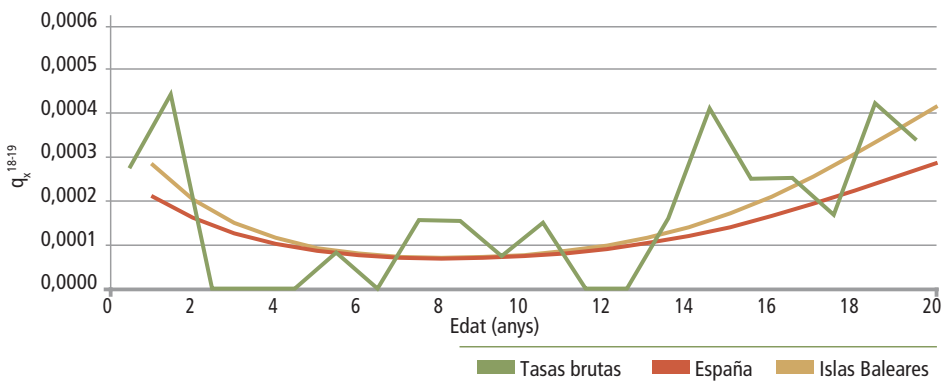
Taula 1 | *Estimació de les taxes de mortalitat de les Illes Balears en el tram inicial de la corba de mortalitat a partir de les taxes de mortalitat graduades de la població espanyola*

	Població masculina		Població femenina	
	2018-2019	2020	2018-2019	2020
x_0	1	1	1	1
x_f	20	32	32	32
$\hat{\alpha}$	2,324775	-0,307413	-0,090713	5,398897
$\hat{\beta}$	1,238784	0,983173	0,994586	1,64201435

Font: Elaboració pròpia.

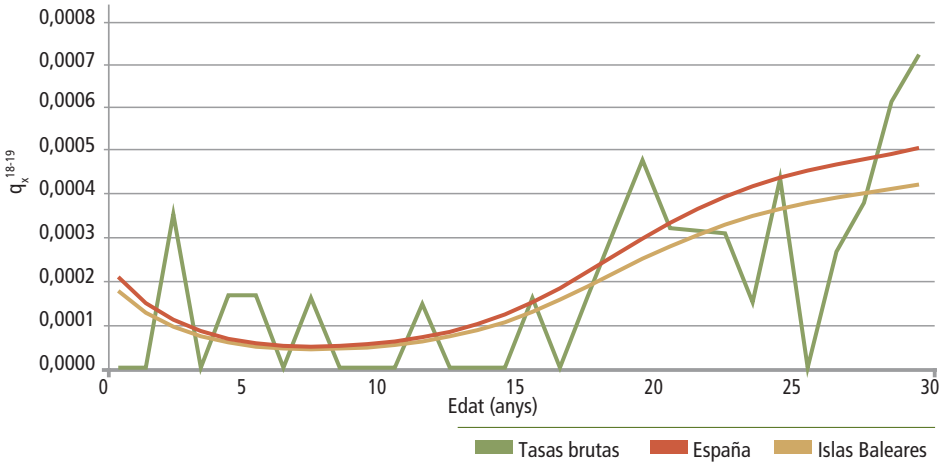
Ha d'assenyalar-se que, encara que les estimacions dels paràmetres α i β s'han fet amb les dades descrites en la taula 1 (des de x_0 fins a x_f , tots dos inclusivament), en la graduació global de la corba de mortalitat només s'han substituït les dades entre x_0 i $(x_f - 2)$ per evitar la substitució de dades al voltant de x_f que podria estar condicionat per alguna oscil·lació extrema de les taxes brutes de mortalitat en aquest tram de la corba.

Gràfic 5a | *Taxes de mortalitat brutes de les Illes Balears en el primer tram d'edat, taxes de mortalitat graduades a Espanya i taxes de mortalitat de les Illes Balears estimades suposant una translació lineal de les taxes graduades espanyoles. Població masculina 2018-2019*



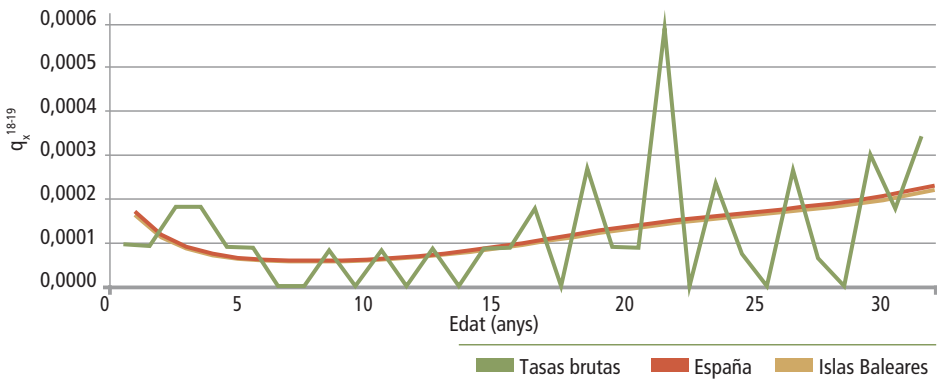
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 5b | Taxes de mortalitat brutes de les Illes Balears en el primer tram d'edat, taxes de mortalitat graduades a Espanya i taxes de mortalitat de les Illes Balears estimades suposant una translació lineal de les taxes graduades espanyoles. Població masculina 2020



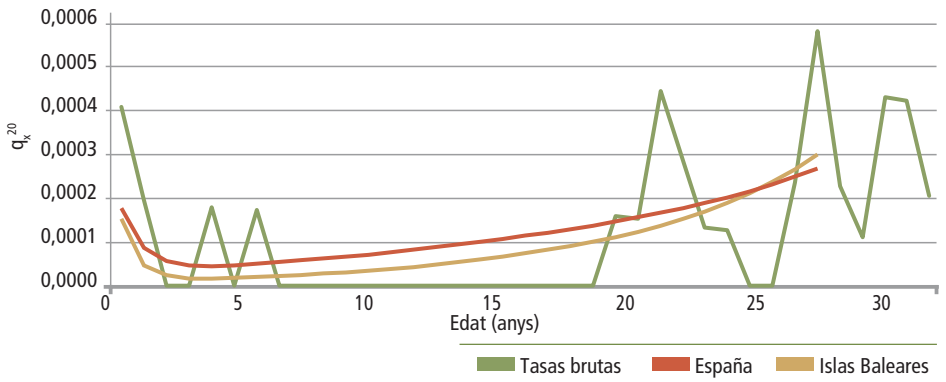
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 6a | Taxes de mortalitat brutes de les Illes Balears en el primer tram d'edat, taxes de mortalitat graduades a Espanya i taxes de mortalitat de les Illes Balears estimades suposant una translació lineal de les taxes graduades espanyoles. 2018-2019



Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 6b | Taxes de mortalitat brutes de les Illes Balears en el primer tram d'edat, taxes de mortalitat graduades a Espanya i taxes de mortalitat de les Illes Balears estimades suposant una translació lineal de les taxes graduades espanyoles. 2020



Font: Elaboració pròpia.

La substitució de les taxes brutes de mortalitat de les Illes Balears en edats joves per les seves estimacions de màxima versemblança, a partir de les dades de la població espanyola, pot condicionar la graduació de les taxes de mortalitat, però recordeu que l'estudi pretén centrar-se en trams d'edat més avançats, trams en els quals es continuaran utilitzant les taxes brutes de mortalitat extretes directament de les bases de dades originals. Per tot això, els resultats corresponents a edats més joves han de prendre's amb molta cautela a causa del baix nombre de defuncions en algunes de les edats de la població de les Illes Balears, la qual cosa pot causar fortes fluctuacions en les taxes brutes de mortalitat d'un període a un altre, encara que la metodologia emprada tracta precisament de mitigar aquest fenomen.

En qualsevol cas, un fenomen que sí que pot observar-se ja en aquestes figures és que la COVID-19 ha ocasionat una caiguda relativa molt important en les taxes de mortalitat dels trams d'edats més joves, i que aquesta caiguda ha estat superior en el cas de la població balear en comparació amb el conjunt de la població espanyola.

El pas següent consisteix a procedir a la graduació de les taxes de mortalitat de manera similar a la desenvolupada a Navarro i Requena (2022). En aquest treball s'apliquen splines cúbics amb vuit nusos interns equidistants els paràmetres dels quals són estimats per mínims quadrats ordinaris.

En concret, les funcions splines cúbiques utilitzades en aquest article poden representar-se com a:

$$s(x) = \sum_{j=0}^3 \alpha_j \cdot x^j + \sum_{h=1}^m \beta_h \cdot [(x - \xi_h)_+]^3 \quad (10)$$

α_j i β_h representen els coeficients de la combinació lineal de la base, i per a cada spline específic són únics, en què $(x - \xi_h)_+ = \text{Màx.}\{x - \xi_h, 0\}$ per a $h = 1, 2, \dots, 8$; en què ξ_h és la posició de cadascun dels nusos interns de la funció spline. Els resultats de l'ajust han estat recollits en les taules 2 i 3 per als períodes estudiats 2018-2019 i 2020 respectivament.

Taula 2 | *Paràmetres estimats de les funcions spline utilitzades per a la graduació de les taxes de mortalitat 2018-2019. Illes Balears*

j/h	Població masculina			Població femenina		
	α_{j-1}	ξ_h	β_h	α_{j-1}	ξ_h	β_h
1	-7,773670	6,25	-0,002500	-8,221922	6,25	0,002197
2	-0,399693	18,75	0,001872	-0,557657	18,75	0,000818
3	0,012421	31,25	-0,000608	0,066835	31,25	-0,000368
4	0,001175	43,75	-0,000101	-0,002753	43,75	0,000025
5		56,25	0,000270		56,25	0,000242
6		68,75	-0,000068		68,75	-0,000225
7		81,25	-0,000312		81,25	-0,000079
8		93,75	-0,001103		93,75	-0,001190

Font: Elaboració pròpia.

Taula 3 | *Paràmetres estimats de les funcions splines utilitzades per a la graduació de les taxes de mortalitat 2020. Illes Balears*

j/h	Població masculina			Població femenina		
	α_{j-1}	ξ_h	β_h	α_{j-1}	ξ_h	β_h
1	-8,310464	6,25	-0,003678	-7,035292	6,25	0,018711
2	-0,307044	18,75	0,001747	-2,088493	18,75	-0,000008
3	-0,007648	31,25	-0,000365	0,351617	31,25	0,000165
4	0,002351	43,75	-0,000284	-0,018735	43,75	-0,000320
5		56,25	0,000391		56,25	0,000379

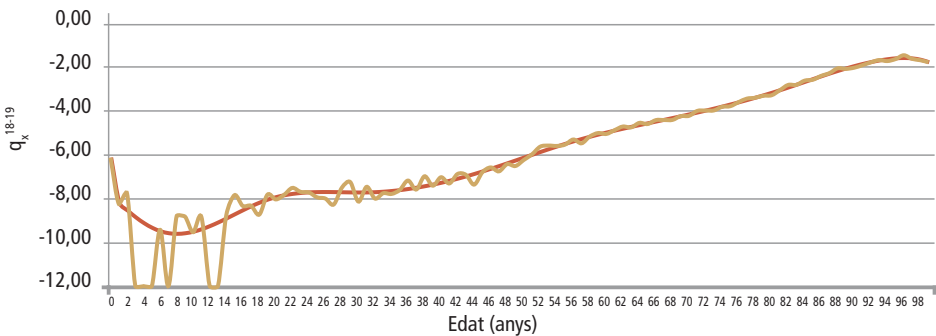
continua

j/h	α_{j-1}	γ_h	β_h	α_{j-1}	γ_h	β_h
6		68,75	-0,000197		68,75	-0,000256
7		81,25	-0,000085		81,25	-0,000139
8		93,75	-0,005525		93,75	0,001629

Font: Elaboració pròpia.

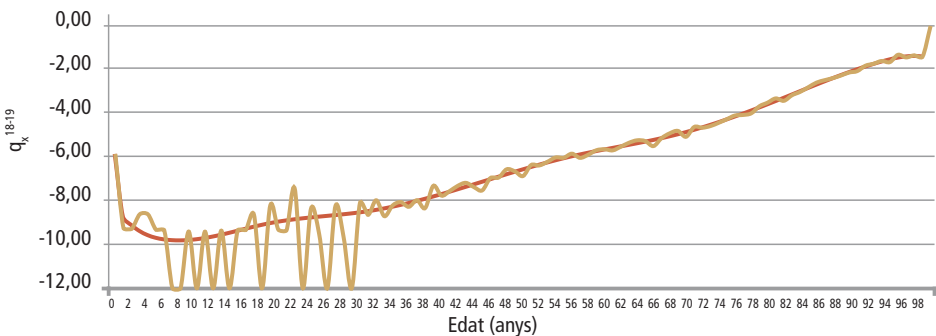
De la figura 7 a la 10 s'han representat les taxes de mortalitat graduades (línia contínua) al costat de les taxes brutes de mortalitat (punts) per a cadascun dels dos períodes estudiats, per a la població masculina i femenina de les Illes Balears.

Gràfic 7 | Taxes de mortalitat brutes i graduades de la població masculina. Illes Balears. 2018-2019



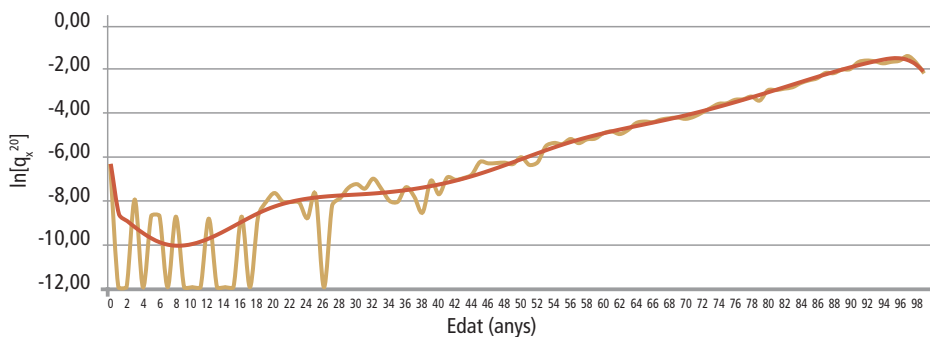
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 8 | Taxes de mortalitat brutes i graduades de la població femenina. Illes Balears. 2018-2019



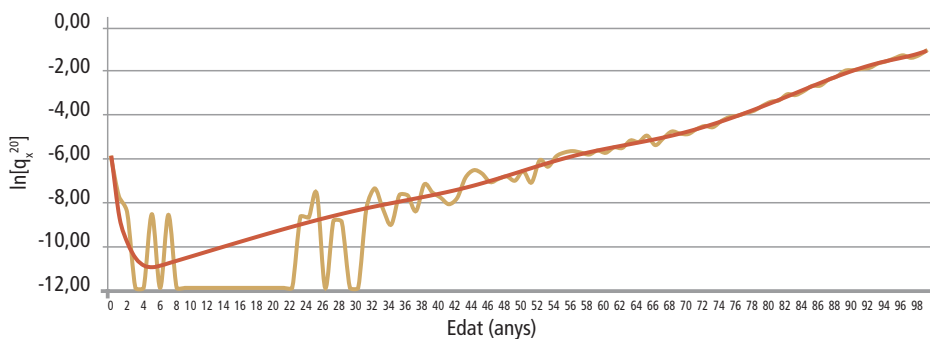
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 9 | Taxes de mortalitat brutes i graduades de la població masculina. Illes Balears. 2020



Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 10 | Taxes de mortalitat brutes i graduades de la població femenina. Illes Balears. 2020



Font: Elaboració pròpia.

La qualitat de cadascun dels ajusts realitzats s'ha mesurat mitjançant diferents tests⁷ que donen resultats molt satisfactoris (vegeu les taules 4 i 5). Entre els tests no paramètrics aplicats tenim el test de signes i el test de ratxes, que posen de manifest que no és possible descartar que els errors es distribueixin aleatòriament. S'han construït, també, intervals de confiança per al veritable valor de les taxes de mortalitat amb un nivell de confiança del 95%, i no s'ha observat un nombre significativament alt de desviacions. Aquests intervals de confiança, juntament amb les taxes de mortalitat graduades,

7. Per a una descripció d'aquests tests: Navarro (1991).

han estat representats en les figures 11 i 12. Tal com pot analitzar-se, els intervals de confiança són molt més amplis per al període 2020 que per al 2018-2019, a causa d'una exposició més gran al risc durant el període 2020.

Taula 4 | *Tests de graduació de la població de les Illes Balears. Període 2018-2019*

	Població masculina	Població femenina
Desviacions fora de l'interval de confiança al 95% ^(a) ($1 \leq x \leq 99$)	2	4
Test de signes ($d_x > E_x \cdot q_x$; $30 \leq x \leq 99$)	33	40
Test de ratxes (nombre de canvis de signe) ($30 \leq x \leq 99$)	42	40

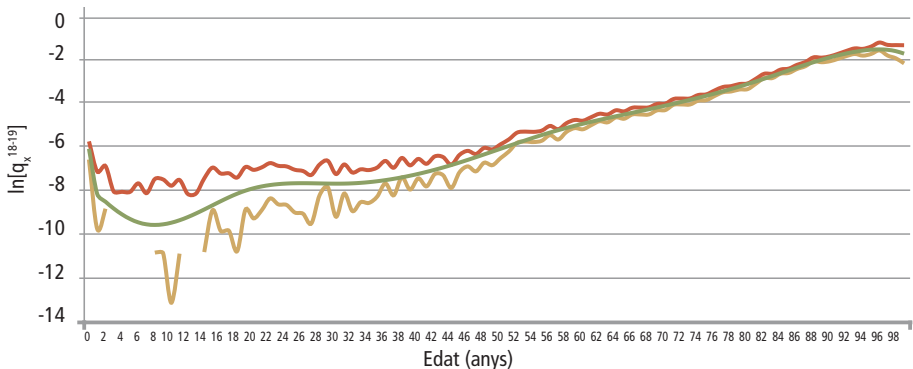
^(a) Nombre d'observacions = 99; * Significatiu al 95%; ** Significatiu al 99%.

Taula 5 | *Tests de graduació de la població de les Illes Balears. Període 2020*

	Població masculina	Població femenina
Desviacions fora de l'interval de confiança al 95% ^(a) ($1 \leq x \leq 99$)	2	2
Test de signes ($d_x > E_x \cdot q_x$; $30 \leq x \leq 99$)	41	34
Test de ratxes (nombre de canvis de signe)	28	32

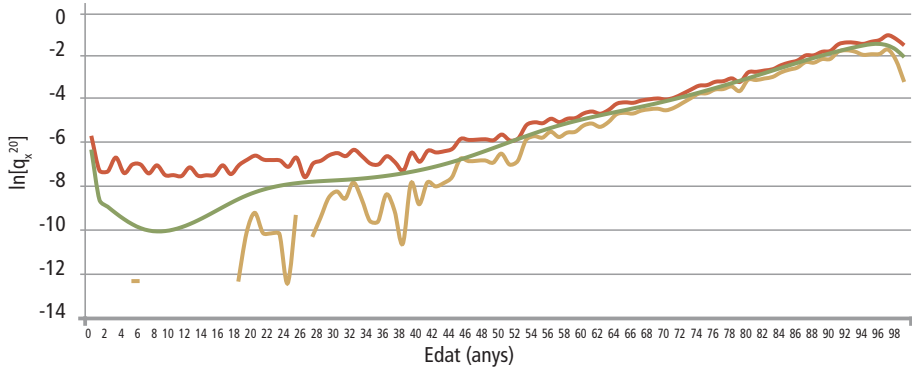
^(a) Nombre d'observacions = 99; * Significatiu al 95%; ** Significatiu al 99%.

Gràfic 11a | *Intervals de confiança per a les taxes brutes de mortalitat i taxes de mortalitat graduades. Illes Balears. Població masculina. 2018-2019*



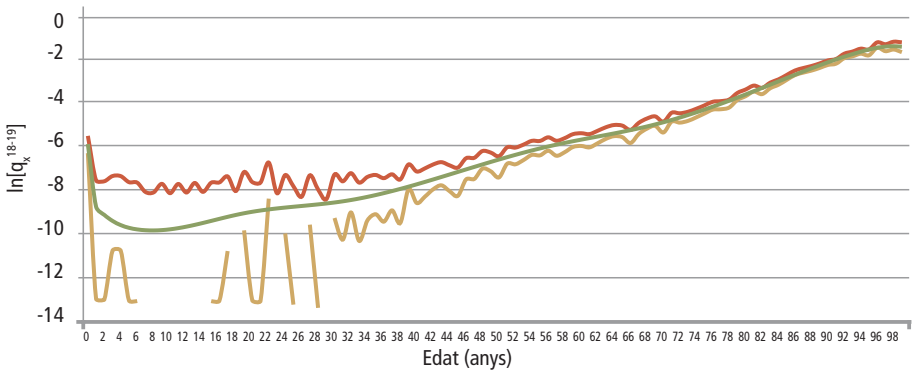
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 11b | *Intervals de confiança per a les taxes brutes de mortalitat i taxes de mortalitat graduades. Illes Balears. Població masculina. 2020*



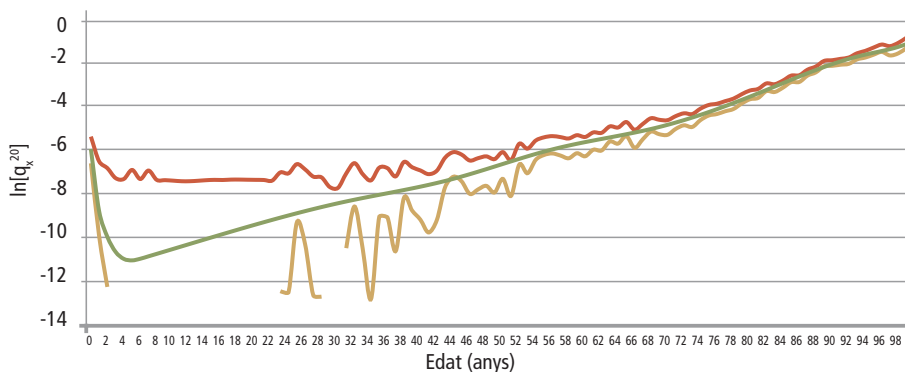
Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 12a | *Intervals de confiança per a les taxes brutes de mortalitat i taxes de mortalitat graduades. Illes Balears. Població femenina. 2018-2019*



Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 12b | *Intervals de confiança per a les taxes brutes de mortalitat i taxes de mortalitat graduades. Illes Balears. Població femenina. 2020*



Font: Elaboració pròpia.

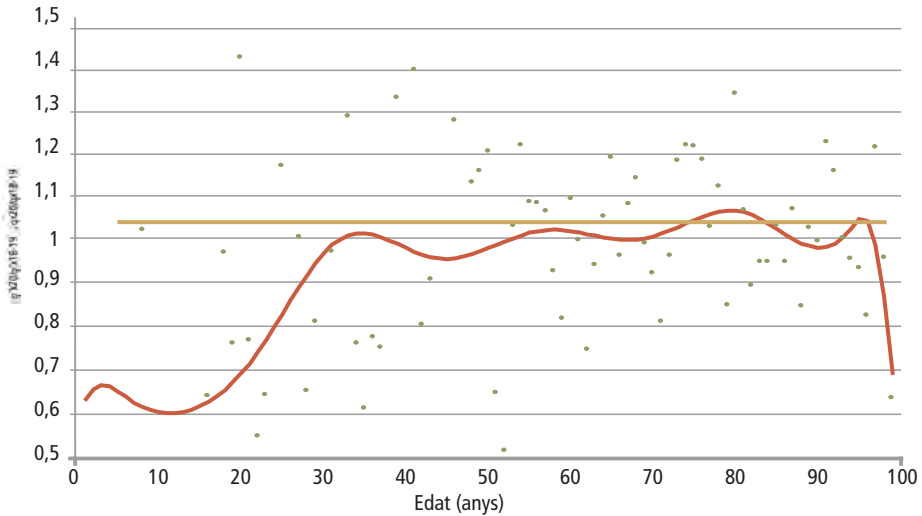
3. Impacte de la COVID-19 en la població de les Illes Balears

Per mesurar l'impacte relatiu de la COVID-19 sobre les taxes de mortalitat es calcula la ràtio entre les taxes de mortalitat del període 2020 i les del període 2018-2019. Si la ràtio és superior a 1, és perquè hi ha hagut un increment relatiu de les taxes de mortalitat de 2020 en relació amb les del període anterior, i viceversa, quan la ràtio és inferior a la unitat. Les figures 13 i 14 mostren aquestes ràtios per a la població masculina i femenina balear, respectivament. En cada gràfic la línia contínua mostra la ràtio entre taxes de mortalitat graduades, mentre que els punts representen la ràtio entre taxes de mortalitat brutes.

L'aplicació de la metodologia proposada en aquest treball permet, així, obtenir una imatge molt més nítida de l'impacte de la pandèmia i de les mesures adoptades per a combatre-la. Pot observar-se que la COVID-19 ha afectat de manera molt diversa els diferents trams d'edats, i la població masculina i femenina de les Illes Balears.

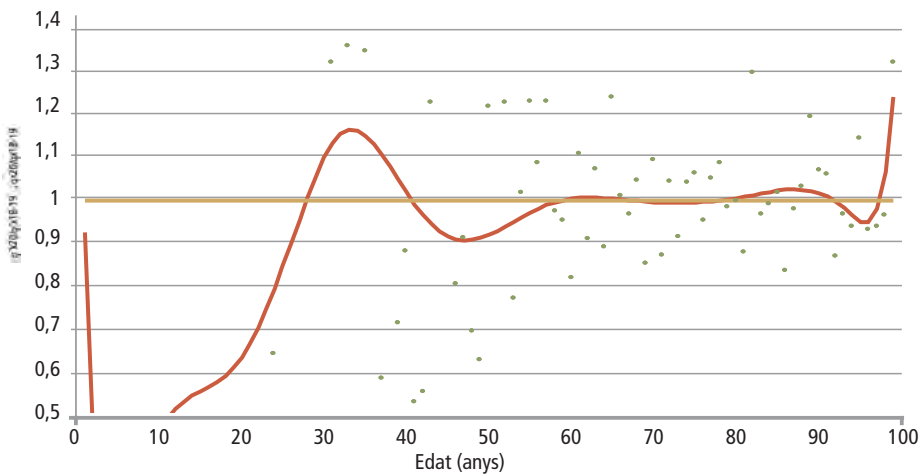
Si observem totes dues figures, el primer que crida l'atenció és la profunda caiguda en les taxes de mortalitat per a les edats inferiors a 25 anys, conseqüència, probablement, del confinament de la població durant l'any 2020. En qualsevol cas, aquest resultat ha de prendre's amb les degudes cauteles, ja que el reduïdíssim nombre de defuncions per a aquestes edats, sobretot el 2020, fa difícil l'estimació de les probabilitats de mort, per la qual cosa, s'ha recorregut per a aquest tram d'edat a la corba de mortalitat de la població espanyola com a base per a l'estimació de les taxes de mortalitat de les Illes Balears, cosa que pot emmascarar algun comportament diferencial.

Gràfic 13 | *Ràtio entre les taxes de mortalitat del període 2020 i les del període 2018-2019. Illes Balears. Població masculina*



Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 14 | *Ràtio entre les taxes de mortalitat del període 2020 i les del període 2018-2019. Illes Balears. Població femenina*



Font: Elaboració pròpia.

Un problema també difícil de solucionar és el comportament extremadament volàtil de les taxes de mortalitat a partir de 95 anys. És ben conegut que les dades de mortalitat per a les edats molt avançades requereixen un estudi més detallat amb un procés acurat de recollida d'informació. Ara bé, sí que podem afirmar que el tram d'edat en el qual s'han incrementat més les taxes de mortalitat és el comprès entre els 70 i 85 anys en els homes i 80 i 90 en les dones. Ateses les altes taxes de mortalitat en aquests trams d'edats, un augment d'aquestes taxes es tradueix en forts increments en el nombre de defuncions en aquestes edats, si bé ha de destacar-se que l'impacte en termes relatius no sobrepassa l'increment del 7% en els homes i del 3% en les dones. Ha de tenir-se en compte que, per al conjunt de la població de les Illes Balears, l'increment en el nombre global de defuncions entre els dos períodes objecte d'estudi, i per a les edats entre 1 i 95 anys, ha estat del 5% per a les dones i del 6,75% per als homes.⁸

El que sí que destaca (i és un patró que es repeteix també en el conjunt de la població espanyola) és el fort increment de la mortalitat en la població femenina en el tram entre 30 i 40 anys, amb un increment relatiu màxim estimat del 17,5% per a l'edat de 33 anys. Cal demanar-se si això és conseqüència de l'exposició més gran d'aquest grup de població a la pandèmia, pel fet que algunes de les professions que s'han vist més exposades al virus són ocupades fonamentalment per dones, com per exemple serveis sanitaris, atenció a gent gran, residències, o alguns llocs que es van considerar essencials en el sector de la distribució. Aquest fenomen requereix sens dubte una anàlisi més en profunditat per poder arribar a conclusions rellevants. Cal fer ressaltar que, per contra, la població masculina no ha vist increments significatius de les taxes de mortalitat en aquest tram d'edat, cosa que la diferencia de la població general d'Espanya.

4. Comparació de l'impacte de la COVID-19 i les mesures establertes per a combatre la malaltia en la mortalitat de la població de les Illes Balears i de la població espanyola

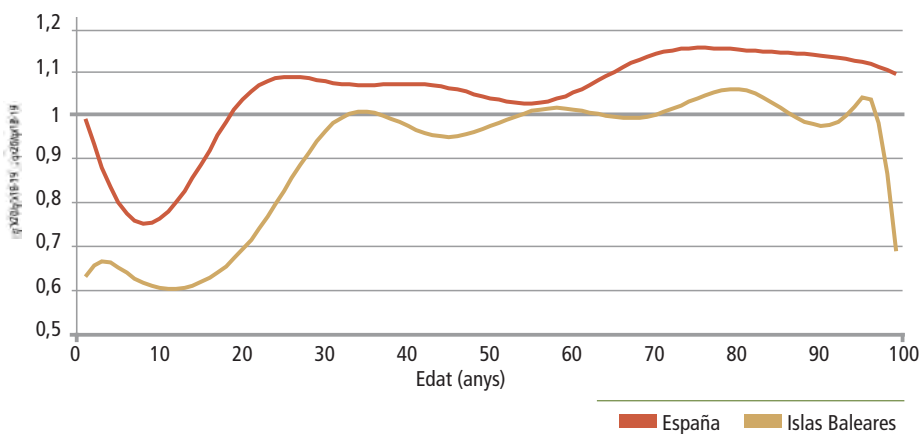
Per analitzar si la COVID-19 ha tingut efectes diferencials sobre la població balear en relació amb la de la resta d'Espanya, s'han comparat les ràtios entre les taxes de mortalitat dels dos períodes d'estudi per a la població de les Illes Balears i la d'Espanya.⁹ Aquestes ràtios han estat comparades en les figures 15 (població masculina) i 16 (població femenina).

8. En el total de defuncions hi influeixen diversos efectes. D'una banda, les variacions en les taxes de mortalitat i, d'altra banda, l'augment / la disminució de la població (un +2,3% per a les poblacions femenina i masculina entre 1 i 99 anys entre les dates centrals de tots dos períodes d'observació), i més o menys envelliment de la població, a conseqüència del transcurs del temps.

9. Per a les dades espanyoles, vegeu Navarro i Requena (2022).

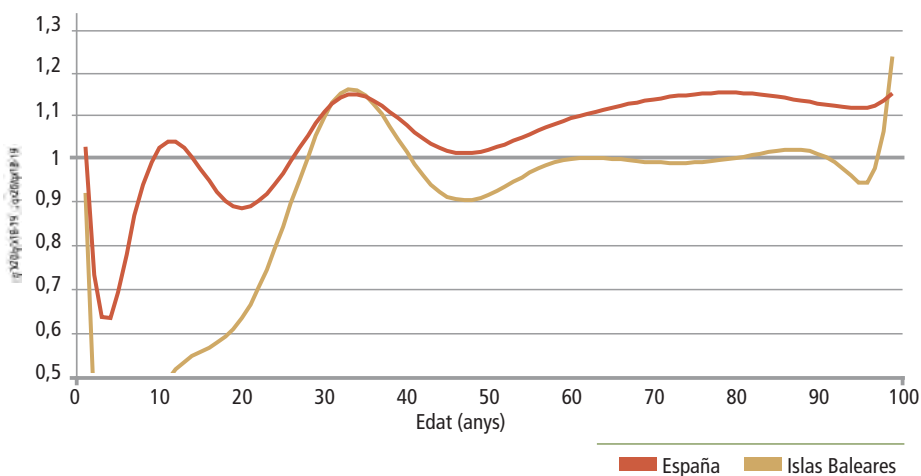
Les dades corresponents a la població espanyola es representen amb una línia vermella i els corresponents a la població balear amb una línia marró.

Gràfic 15 | Ràtio entre les taxes de mortalitat de la població masculina del període 2020 i del període 2018-2019.



Font: Elaboració pròpia.

Gràfic 16 | Ràtio entre les taxes de mortalitat de la població femenina del període 2020 i del període 2018-2019



Font: Elaboració pròpia.

El primer que crida poderosament l'atenció és que l'impacte ha estat molt més important en la població espanyola que en la balear, pel fet que l'increment en el nombre de defuncions en el conjunt de la població espanyola per al tram entre 1 i 95 anys ha estat del 16% tant per a les dones com per als homes, enfront de les xifres ja comentades del 5% per a les dones i del 6,75% per als homes en la comunitat autònoma de les Illes Balears.

S'observa, en primer lloc, amb totes les cauteles assenyalades anteriorment per al tram inicial de la corba de mortalitat, que la disminució en les taxes de mortalitat en les edats inferiors a 25 anys ha estat molt més pronunciada a les Illes Balears que en la resta d'Espanya. Pel que fa a les altres edats, l'increment relatiu en les taxes de mortalitat causat per la COVID-19 ha estat més gran a Espanya que a les Illes Balears, amb una excepció: les dones en el tram d'edat entre els 30 i els 40 anys, en què l'impacte ha estat similar o fins i tot lleugerament superior a les Illes Balears.

5. Conclusions

Els principals resultats d'aquest treball són de dos tipus. En primer lloc, resultats metodològics. Tal com s'ha pogut comprovar, la utilització de les tècniques actuàries per a la graduació de les taxes de mortalitat ha permès eliminar part del soroll aleatori propi d'un fenomen estocàstic com és el nombre de morts dins d'un col·lectiu, durant un període de temps, i poder disposar d'aquesta manera d'estimacions de les taxes de mortalitat. La qualitat del procés de graduació s'ha mesurat mitjançant una sèrie de tests estadístics. A més, s'ha aplicat una metodologia específica, amb les seves limitacions, per poder realitzar aquestes estimacions de les taxes de mortalitat quan el nombre de defuncions és zero o molt baix, com és el cas de la població en edats joves a les Illes Balears. L'estimació que s'ha fet de les taxes de mortalitat permet obtenir una visió més nítida de l'evolució d'una variable no observable com són les veritables taxes de mortalitat, normalment calculades mitjançant les denominades taxes brutes de mortalitat. També s'ha de tenir en compte que l'impacte relatiu sobre les taxes de mortalitat edat a edat és, a diferència del nombre de defuncions, independent de la grandària de la població i de la seva estructura d'edat.

En segon lloc, la principal aportació rau en els resultats. Una de les diferències amb altres treballs és que aquí s'ha posat el focus, tal com ja hem manifestat, en l'impacte en termes relatius de la COVID-19 en les taxes de mortalitat en lloc del nombre de defuncions. Aquest enfocament proporciona una visió diferent de la intensitat amb la qual la pandèmia ha afectat els diferents segments de la població, i gràcies a les tècniques aplicades permet analitzar, edat per edat, quines han estat les conseqüències tant de la COVID-19 com de les mesures que en el seu moment es van adoptar per

tractar de mitigar-ne els efectes i, en particular, el confinament al qual es va veure sotmesa la població durant diversos mesos de l'any 2020.

Pel que fa a la població de les Illes Balears, podem observar com durant l'any 2020 el comportament de les taxes de mortalitat ha variat molt significativament en funció de l'edat. En primer lloc, s'ha pogut constatar una caiguda relativa molt intensa en les taxes de mortalitat de la població infantil tant en homes com en dones. No obstant això, la intensitat amb la qual la COVID-19 ha afectat la població d'edat més avançada ha estat relativament escassa; sobretot els homes entre 70 i 85 anys, i les dones entre 80 i 90 anys, si bé els increments relatius estimats en les taxes de mortalitat en aquests trams d'edat no superen el 3% en les dones i el 6,5% en els homes. I, sobretot, crida poderosament l'atenció que el col·lectiu més afectat hagi estat el de les dones en el tram d'edat entre els 30 i 40 anys, probablement a conseqüència del predomini de l'ocupació professional de les dones en el sector sociosanitari.

Finalment, a l'hora de comparar l'impacte de la COVID-19 i les mesures per contenir la malaltia entre les Illes Balears i la resta d'Espanya, es poden observar diversos fenòmens. En la població infantil-juvenil la reducció relativa de les taxes de mortalitat a les Illes Balears ha estat molt més intensa que en el conjunt de la població espanyola, encara que, tal com s'ha indicat, a causa de les escasses o nul·les defuncions en alguns trams d'edat d'aquest col·lectiu, els resultats han de prendre's amb cautela. Quant al col·lectiu de persones d'edat avançada, l'increment relatiu en les taxes de mortalitat ha estat clarament inferior a les Illes Balears. Com assenyalem, enfront d'increments relatius màxims de les taxes de mortalitat a les Illes Balears entre el 3% per a les dones i el 6,5% per als homes, el conjunt de la població espanyola va experimentar increments pròxims al 16%. El que sí que han compartit de manera pràcticament idèntica totes dues poblacions és l'impacte en les taxes de mortalitat del col·lectiu de dones entre 30 i 40 anys, amb un pic al voltant dels 33-34 anys, en el qual la pujada relativa de les taxes de mortalitat ha arribat a situar-se per damunt del 15%. No obstant això, hi ha també una clara diferència entre la població de les Illes Balears i la població espanyola en l'increment relatiu de la mortalitat de la població masculina en aquest tram d'edat. Mentre que en la població masculina d'Espanya, les taxes de mortalitat per al tram entre 20 i 50 anys durant 2020 sí que van experimentar una clara pujada (no tan intensa com la població femenina), la població masculina de les Illes Balears no ha sofert un increment relatiu en les taxes de mortalitat en aquest tram d'edat.

Referències bibliogràfiques

Forfar, D. O., McCutcheon, J. J. i Wilkie, A. D. (1988). On graduation by mathematical formula. *Journal of the Institute of Actuaries*, 115, 1-149.

Helligman, L. i Pollard, J. H. (1980). The age pattern of mortality. *Journal of the Institute of Actuaries*, 107(1), 49-80.

Human Mortality Database. University of California, Berkeley (EUA) i Max Planck Institute for Demographic Research (Alemanya). www.mortality.org

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Cifras de población*. <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=31304>

Instituto Nacional de Estadística (INE): *Movimiento Natural de la Población: Defunciones*. <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=6566>

Lluch, F. D. (2017). Una aproximació al patró actual de la mortalitat general i de la tercera edat a les Illes Balears. A C. Orte Socias (2017). *Anuari de l'Envel·liment. Illes Balears 2017*.

Macdonald, A. S., Richards, S. J. i Currie, I. D. (2018). *Modelling Mortality with Actuarial Applications* International Series on Actuarial Science. Cambridge University Press.

McCutcheon, J. J. (1985). Experiments in graduating the data for the English Life Tables. *Transactions of the Faculty of Actuaries*, 40, 135-147. <http://www.jstor.org/stable/41218919>

Navarro, E. (1991). *Tablas de mortalidad de la población española 1982. Metodología y Fuentes*. Mapfre.

Navarro, E., Ferrer, R., González, C. i Nave, J. (1995). *Tablas de mortalidad de la Comunidad Valenciana 1990-91. Metodología y fuentes. Censos de població i habitatges*, volum I. Generalitat Valenciana.

Navarro, E. i Requena, P. (2022). *Descriptive Analysis of the Impact of COVID-19 and Anti-Pandemic Measures on Mortality Rates in the Spanish Population in 2020 Using Graduation Techniques*. <https://ssrn.com/abstract=4063837> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4063837>

Pitacco, E., Denuit, M., Haberman, S., i Olivieri, A. (2009). *Modelling longevity dynamics for pensions and annuity business*. Oxford University Press.

Autors

MYRIAM GARCÍA-OLALLA

Catedràtica d'Economia Financera i Comptabilitat de la Universitat de Cantàbria i doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales per la Universitat d'Oviedo. Responsable del grup d'R+D+I Economia Financera. La seva recerca se centra en l'àmbit de la banca, les finances i el govern corporatiu. Ha dirigit diverses tesis doctorals i ha elaborat nombroses publicacions en revistes científiques d'àmbit nacional i internacional, així com llibres en editorials de prestigi. La seva activitat investigadora ha estat objecte de diferents premis i ajudes. Ha fet estades de recerca en les universitats de Califòrnia a Berkeley (Estats Units) i Bangor (Regne Unit). Entre d'altres, ha exercit els càrrecs de directora acadèmica de la Fundación Universidad de Cantabria para el Estudio y Investigación en el Sector Financiero (UCEIF) i directora del Departament d'Administració d'Empreses de la Universitat de Cantàbria.

ELISEO NAVARRO ARRIBAS

Alcoi (1961). Llicenciat i doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales per la Universitat de València. Va completar la seva formació amb un diploma de postgrau en Ciències Actuarials a la Universitat Heriot-Watt d'Edimburg. Ha desenvolupat la seva carrera acadèmica en les universitats de València, Castilla-La Mancha i Alcalá, en la qual actualment és catedràtic d'Economia Financera. Director del Màster Universitari en Ciències Actuarials i Financeres de la Universitat d'Alcalá, les seves línies de recerca s'han centrat en la gestió de riscos (en particular risc de variació de tipus d'interès i de mortalitat) i ha publicat diversos llibres i articles científics en revistes com *Journal of Banking and Finance*, *European Journal of Operational Research*, *Quantitative Finance* i *European Financial Management*, entre d'altres. Ha estat també investigador principal de diversos projectes de recerca de caràcter competitiu en l'àmbit autonòmic i nacional.

PILAR REQUENA CABEZUELO

Albacete (1968). Actuarià d'assegurances, doctora en Economia i Gestió Empresarial per la Universitat d'Alcalá. Desenvolupa la seva carrera acadèmica a la Universitat d'Alcalá, en l'actualitat com a professora titular en Economia Financera. Ha tengut diferents càrrecs de gestió universitària i, entre d'altres, ha estat directora del Màster Universitari en Ciències Actuarials i Financeres de la Universitat d'Alcalá. Ha participat

en el disseny i la implantació de sistemes complementaris de previsió social en algunes de les grans empreses espanyoles, així com en l'estudi de la seva viabilitat. La seva recerca es duu a terme en la línia d'anàlisi del risc financer i de longevitat de productes com les rendes actuàries de supervivència.

