

Comunicación diaria de cifras corregidas de mortalidad en España durante la segunda ola de la pandemia COVID-19

Daily communication of corrected mortality estimates in Spain during the second wave of the COVID-19 pandemic

Juan Equiza-Goñi^a

^a Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Navarra, España

Originales Breves

Resumen

Introducción: MoMo monitoriza y comunica diariamente la mortalidad en España, pero el retraso en la notificación de defunciones sesga a la baja sus estimaciones. **Objetivo:** este estudio evaluó cinco métodos que corrigen el efecto del retraso en la notificación en las estimaciones de MoMo del exceso de mortalidad durante la segunda ola de la epidemia COVID-19. **Metodología:** 1) se obtuvieron las cifras de exceso de muertes acumuladas en España comunicadas diariamente por MoMo entre 01/09/2020-25/12/2020. 2) se corrigió en dichas cifras el efecto del retraso en la notificación aplicando cinco modelos. 3) se evaluaron estas correcciones mediante el error absoluto medio (MAE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE). **Resultados:** el retraso en la notificación supuso que las estimaciones de MoMo para el exceso de mortalidad acumulado durante la segunda ola fueran, de media, un 87% de sus valores definitivos. Las correcciones cuadráticas y cúbicas las acercaron hasta el 98%, de media. Las regresiones cuadráticas redujeron el RMSE y el MAE de las estimaciones de MoMo en un 6 y 13%, respectivamente. **Conclusión:** para mejorar las estimaciones diarias de MoMo del exceso de mortalidad parece recomendable usar regresiones cuadráticas para corregir los efectos del retraso en la notificación de defunciones.

Palabras clave: monitoreo epidemiológico; coronavirus; mortalidad; SAS-CoV-2, COVID-19, series temporales.

Abstract

Introduction: MoMo monitors and communicates daily mortality in Spain, however, the delay in the notification of deaths biases downwards the estimates from MoMo. **Objective:** this study evaluates five methods that correct for the effect of notification delays on daily excess mortality estimates during the second wave of the COVID-19 pandemic. **Methods:** 1) estimates for the excess mortality in Spain were published daily and gathered within 01/09/2020-25/12/2020. 2) adjusted excess mortality estimates were computed by applying five different models that correct for the delay in the notification of deaths. 3) these corrections were evaluated using the mean absolute error (MAE) and the root mean square error (RMSE). **Results:** the delay in the notification implied that the cumulative excess mortality estimates from MoMo during the second wave were, on average, 87% of their definitive values. The quadratic and cubic regression models raised them to 98%, on average. Using quadratic regressions reduced the RMSE and the MAE of MoMo's estimates in 6 and 13%, respectively. **Conclusion:** to improve the daily estimates from MoMo for the cumulative excess of deaths, it is recommended to use quadratic regressions to correct the effect of the notification delay.

Keywords: public health surveillance; coronavirus; mortality; SAS-CoV-2; COVID-19; time series.

Introducción

La mortalidad diaria en España ha recibido gran atención desde que comenzó la pandemia COVID-19. Las razones son que, por un lado, el número de defunciones fue uno de los indicadores elegidos para vigilar la evolución de la pandemia, junto al número de contagiados, hospitalizados e ingresados en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) (Gobierno de España, 2020). Por otro, se trata de una cifra con un enorme interés e impacto social durante una pandemia. Por ello, ha habido un esfuerzo por comunicar mejor dichas cifras de mortalidad. En 2020, el Instituto Nacional de Estadística (INE) comenzó a estimar el número de defunciones semanales (o EDeS) durante el brote de COVID-19 (Instituto Nacional de Estadística, 2020). Igualmente, el Centro Nacional de Epidemiología – Instituto de Salud Carlos III (CNE-ISCIII) comenzó a publicar diariamente sus estimaciones del exceso de defunciones acumuladas durante la pandemia provenientes de su sistema de monitorización de la mortalidad MoMo (Instituto de Salud Carlos III, 2020a; Instituto de Salud Carlos III, 2020b).

La comunicación del exceso de defunciones acumulado tiene especial relevancia en un contexto de debate mediático y científico sobre el número de muertes causadas por el coronavirus (Barbería et al., 2021; Cirera et al., 2021). Algunos estudios demuestran la utilidad de las cifras publicadas por MoMo para contabilizar el número de decesos por COVID-19 (Cascón-Porres et al., 2020a). Otros destacan limitaciones de dichas estimaciones (Cascón-Porres et al., 2020b; Equiza-Goñi J., 2021). En particular, este último estudio demuestra que dichas cifras diarias durante la primera ola de la epidemia estuvieron sesgadas a la baja por el retraso en la notificación de las defunciones y que fueron fuertemente revisadas tras su primera publicación. Además, Equiza-Goñi (2021) examinó la corrección del retraso en la notificación mediante cinco modelos estimados con datos de revisiones previas.

El objetivo del presente estudio fue evaluar cinco modelos que corrigen el efecto del retraso en la notificación en base a las estimaciones del exceso de mortalidad de MoMo durante la segunda ola de la epidemia COVID-19 en España.

Métodos

Este estudio aplicó la metodología descrita en Equiza-Goñi (2021) para corregir el efecto que el agravado retraso en la notificación tuvo en estimaciones del exceso de mortalidad de MoMo durante la segunda ola de la epidemia COVID-19 en España. MoMo define dicho exceso como la diferencia entre el número de muertes observadas y esperadas (León-Gómez et al., 2015). Para

este estudio, se obtuvieron primero las cifras de exceso de muertes acumuladas en España en la segunda ola publicadas diariamente por MoMo durante el período 01/09/2020-25/12/2020.

Segundo, se calculó la intensidad de las revisiones diarias de los excesos de muertes acumuladas como el cociente entre la cifra publicada cada día y la del día anterior. En parte, dichas revisiones pudieron deberse a revisiones en la mortalidad esperada que no obedecieron al retraso en la notificación. Por ello, se calcularon las revisiones incorporando únicamente cambios en la mortalidad observada.

Tercero, se obtuvieron cinco estimaciones corregidas del exceso acumulado de mortalidad diaria. Para ello se aplicaron cinco correcciones basadas en modelos que aplicaron: (1) la media aritmética simple de las revisiones anteriores; (2) la media ponderada que asigna menor peso a las revisiones de más antigüedad; y (3)-(5) modelos polinómicos lineales, cuadráticos o cúbicos¹.

Por último, se comparó la validez de las estimaciones publicadas por MoMo originales y corregidas con respecto a los valores observados definitivos. Para ello se usaron los criterios: error absoluto medio (MAE) y raíz del error cuadrático medio (RMSE), medidas frecuentes de la diferencia entre valores predichos por un modelo y los observados (ver, por ejemplo, Hyndman & Koehler, 2006; Chai & Draxler, 2014).

Resultados

La figura 1 muestra la serie histórica publicada el 31/01/2021 para el exceso de muertes acumulado entre el 01/09/2020 y el 25/12/2020 (línea azul continua), serie que se consideró como definitiva. En este periodo, coincidente con la segunda ola de propagación de la COVID-19 en España, se acumularon 19.892 defunciones, de media 171 muertes diarias. La figura 1 también muestra las cifras publicadas diariamente para el exceso de muertes acumulado en ese periodo (línea naranja punteada). Se aprecia un sesgo a la baja en las estimaciones diarias y, por tanto, retardo en la notificación de las muertes. Ese retraso en la notificación implicó que las estimaciones de MoMo fueron, de media, un 87% de sus valores definitivos. La suma total de los valores absolutos de esas diferencias o errores de las publicaciones diarias, se denomina error absoluto medio (MAE, por sus siglas en inglés), que ascendió a 472 muertes. La raíz cuadrada de la suma de esas diferencias al cuadrado se llama, sin embargo, raíz del error cuadrático medio (o RMSE, por las siglas en inglés) y fue igual a 765 muertes. Ambas son medidas estadísticas que comparan

¹ También se impuso que las correcciones no fueran menores de 1 y que, en los casos cuadrático y cúbico, el vértice o punto de inflexión tomaran necesariamente el valor 1 en el eje de ordenadas.

las estimaciones diarias y las definitivas y se usaron para evaluar los distintos modelos de corrección de los efectos del retraso en la notificación en las cifras diarias.

La tabla 1 muestra el MAE y la RMSE para las series original y ajustadas por los cinco modelos para el exceso (acumulado) de mortalidad entre el 22 de septiembre y el 25 de diciembre de 2020. Se generaron las series ajustadas a partir de las cifras del 22 de septiembre porque para contar con un mínimo de 7 observaciones para estimar la revisión 14 días después de la primera publicación se necesitó contar con información de, al menos, 21 revisiones de cifras publicadas. El MAE y la RMSE de la serie original en ese periodo más corto fue de 478 y 811 defunciones, respectivamente.

En cuanto a las series ajustadas con los cinco modelos, los modelos de regresión cuadrático y cúbico acercaron las estimaciones diarias a las definitivas de modo que las primeras representan, en términos medios, el 98% de las segundas. Precisamente, los criterios reportados en la tabla 1 señalan que el modelo basado en regresiones cuadráticas redujo el RMSE y MAE de las estimaciones de MoMo: en un 6 y 13%, respectivamente. Las regresiones cúbicas, sin embargo, redujeron el MAE y aumentaron la RMSE de las estimaciones de MoMo en un 1%. Las correcciones basadas en medias o regresiones lineales, por contraste, aumentaron el MAE y la RMSE.

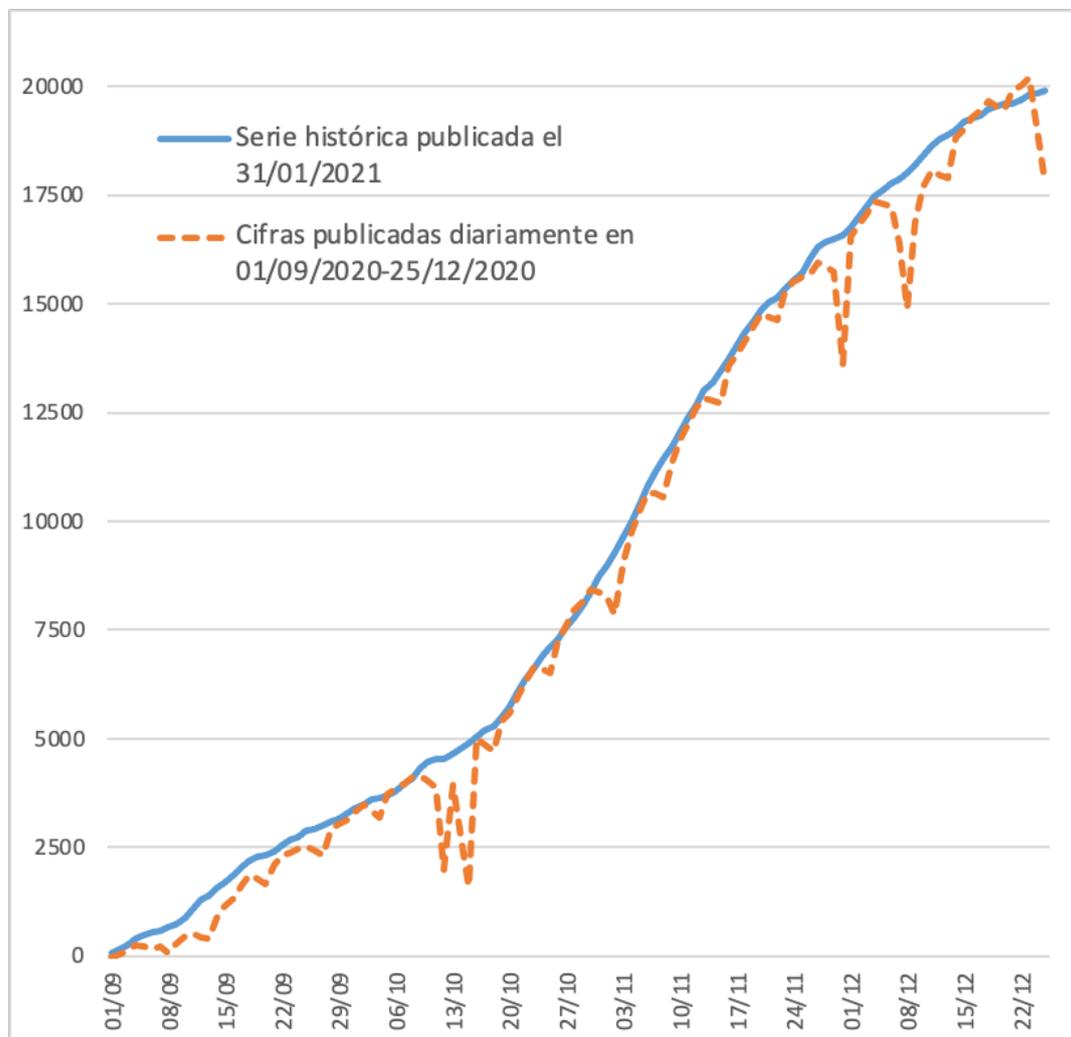


Figura 1. Suma acumulada del exceso de mortalidad diario en la segunda ola de pandemia COVID-19. Se suman valores entre el 1 de septiembre y el 25 de diciembre de 2020 que es la duración periodo según MoMo. Fuente: Descargas diarias de las bases de datos disponibles en el MoMo dashboard

Tabla 1. Error absoluto medio (MAE) y Raíz del error cuadrático medio (RMSE) para las series original y ajustadas por los cinco modelos para el exceso (acumulado) de mortalidad entre el 22 de septiembre y el 25 de diciembre de 2020, así como las ratios de estas medidas respecto a las correspondientes a los datos originales.

Serie	MAE		RMSE	
	Valor	Ratio	Valor	Ratio
datos originales	478	1	811	1
media aritmética	5684	12,05	5926	7,30
media ponderada	2673	5,66	2794	3,44
lineal	1330	2,82	2526	3,11
cuadrático	412	0,87	762	0,94
cúbico	479	1,01	800	0,99

Discusión

El presente estudio identificó las correcciones basadas en regresiones cuadráticas como las que más redujeron el MAE y la RMSE de las estimaciones diarias. Esto contrasta con el análisis de Equiza-Goñi (2021) en base a datos de mortalidad correspondientes a la primera ola de difusión del coronavirus en España. En ese estudio, las regresiones cúbicas fueron las que más redujeron la RMSE, mientras que, en el presente trabajo, dicha medida sólo bajó ligeramente. Sin embargo, ambos trabajos coinciden en descartar el uso de medias de revisiones pasadas para ajustar las estimaciones diarias.

Para entender la diferencia de resultados conviene observar de nuevo la figura 1. En ella se observa que durante la segunda ola las publicaciones diarias fueron cercanas a sus valores definitivos salvo en fechas puntuales: en torno al 12 y 15 de octubre, el 2 y 30 de noviembre, así como el 8 y 25 de diciembre, muchos de ellos días festivos. Esto supuso fuertes revisiones de los datos publicados inicialmente para dichas fechas. Estas revisiones cuya intensidad no se debió a una mayor tasa de crecimiento del exceso de mortalidad acumulada esos días podrían ser calificadas como “anómalas”.

Equiza-Goñi (2021) mostró que, según transcurrió la primera ola de la epidemia en España, el crecimiento de la mortalidad acumulada se ralentizó (dando lugar a revisiones decrecientes) y el ritmo de dicha desaceleración bajó paulatinamente (reflejándose en cambios cada vez menores en la intensidad de las revisiones)². En ese marco, usar polinomios de mayor grado supuso un ajuste más refinado.

² Esta asociación de la intensidad de la revisión con el ritmo de crecimiento de la mortalidad dio lugar a estimaciones polinómicas de las revisiones siempre decrecientes y convexas.

En los datos de la segunda ola analizados en el presente estudio, sin embargo, algunas regresiones lineales y cúbicas resultaron en malas estimaciones³, al darse fuertes revisiones no relacionadas con el ritmo de crecimiento de la mortalidad (e.g.: las relacionadas con días festivos). Las regresiones cuadráticas sí captaron la relación entre intensidad de las revisiones y ritmo de crecimiento de la mortalidad; es decir, resultaron más robustas ante las revisiones “anómalas” observadas.

La figura 2 muestra con barras azules los errores de las publicaciones diarias de MoMo para el exceso de mortalidad acumulado, es decir, la diferencia entre la serie histórica publicada el 31 de enero de 2021 (línea continua azul en la figura 1) y las cifras publicadas diariamente (línea puntuada naranja en la figura 1). Puede observarse que son mayoritariamente negativos (retraso en la notificación) y especialmente pronunciados en torno a los días festivos. La línea punteada naranja de la figura 2 representa, sin embargo, esas mismas diferencias usando las cifras corregidas con el modelo cuadrático. Aunque estas últimas amplían ligeramente los escasos errores positivos, también recortan de modo generalizado los errores negativos, corrigiendo eficazmente el retraso en la notificación. La línea continua gris de la figura 2, por contraste, muestra los errores generados por las cifras corregidas con regresiones cúbicas. Estas últimas amplifican notablemente los errores positivos (especialmente tras las fuertes revisiones en torno al 12 y 15 de octubre) y recortan menos los errores negativos que las correcciones cuadráticas.

³ Sólo las regresiones cuadráticas resultaron en todos los casos en revisiones estimadas decrecientes y convexas al imponer que el vértice tomara el valor 1 en el eje de ordenadas.

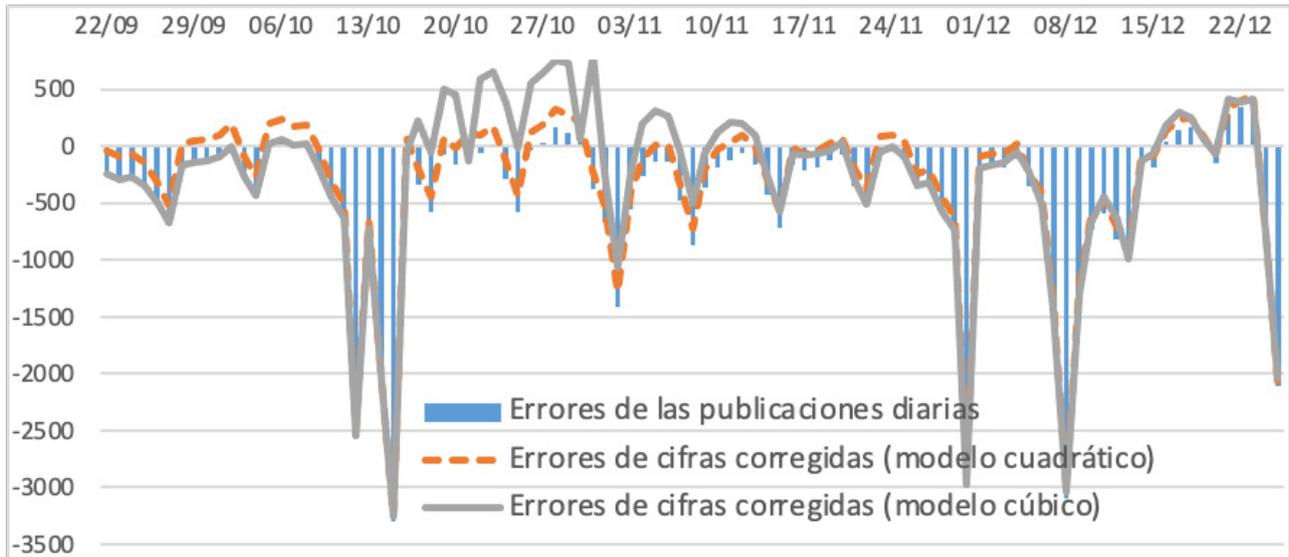


Figura 2. Errores de las publicaciones diarias y de las cifras corregidas con el modelo cuadrático y cúbico. Fuente: MoMo dashboard y elaboración propia.

Conclusiones

Los estudios basados en datos de otros países en la primera ola (Vestergaard et al., 2020; Fouillet et al., 2020) y la segunda ola (Nørgaard et al., 2021; Grabowski et al., 2021) no analizan el efecto del retraso en la notificación. Pero, dada la importancia de monitorizar la mortalidad en tiempo real para una adecuada vigilancia epidemiológica (González Morán et al., 2008), y especialmente durante la pandemia COVID-19 (Vestergaard & Mølbak, 2020), parece recomendable corregir el retraso en la notificación mediante modelos de regresión cuadrática. Además, el indudable impacto social de publicar cifras de defunción hace recomendable dar a periodistas y medios de comunicación una mejor estimación de cuál puede ser la diferencia entre los números publicados provisionalmente y sus valores definitivos (Aroca Jácome, 2020).

MoMo comunica estimaciones de las cifras de defunciones con un ajuste incorporado para subsanar el retraso en la notificación (Instituto de Salud Carlos III, 2020c) pero su método de corrección resulta insuficiente en periodos de extraordinaria mortalidad como la pandemia de COVID-19. Las correcciones basadas en regresiones cuadráticas complementan las ya incorporadas en MoMo. Sin embargo, otros estudios proponen la aplicación de modelos bayesianos distintos para la corrección del retraso en la notificación (Sarnaglia et al., 2021). Por último, otra medida complementaria podría ser la implantación de la comunicación telemática de las defunciones, que agilizaría su registro y tramitación (Alvarez et al., 2020).

Financiación

Esta investigación no recibió financiación o Especificar la financiación.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos presentados en este estudio pueden ser solicitados al autor de correspondencia.

Conflicto de interés

El autor declara que no hay conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Alvarez, R. T., Sanz, M. P. L., Herranz, S. C., Floristán, Y. F., Lozano, M. I. S., & Iribas, M. C. M. (2020). La certificación de la defunción de casos de COVID-19 en España. *Revista Española de Medicina Legal*, 46(3), 2020, 101-108. doi: 10.1016/j.reml.2020.05.006
- Aroca Jácome, R. (2020). Los pronósticos matemáticos son hipótesis: consideración de la incertidumbre en la presentación de datos sobre la pandemia por COVID 19. *Revista Española de Comunicación en Salud*, 339-346. doi: 10.20318/recs.2020.5476
- Barbería, E., Grijalba, M., Martínez, J. A., Marcos, R. A., & García, V. (2021). Defunciones por COVID-19 en España y estadísticas de mortalidad. *Gaceta Sanitaria*, 35(3), 304-304. doi: 10.1016/j.gaceta.2020.09.003
- Cascón-Porres, R., Villanueva-Llauradó P., Santos-Olalla, F. & Berzal-Rubio M. (2020 a), *Vinculación del exceso de mortalidad con la infección COVID en España y comparación con los*

- países. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: www.etsidi.upm.es/sfs/ETSIDI/SUBDIRECCION%20RIAL/DOCUMENTOS/Exceso%20mortalidad%20covid%20etsidi.pdf
- Cascón-Porres, R., Berzal-Rubio M. & Santos-Olalla, F. (2020b), *Estudio del exceso de mortalidad motivado por pandemia de COVID-19*, Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: www.etsidi.upm.es/Escuela/Noticias/NoticiasETSIDI?id=e402832a20cc1710VgnVCM10000009c7648a____&fmt=detail&prefmt=articulo
- Chai, T. & Draxler, R. R. (2014), Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7, 1247-1250. doi: 10.5194/gmd-7-1247-2014
- Cirera, L., Segura, A., & Hernández, I. (2021). Defunciones por COVID-19: no están todas las que son y no son todas las que están. *Gaceta Sanitaria*, 35(6), 590-593. doi: 10.1016/j.gaceta.2020.06.006
- Equiza-Goñi J. (2021), Correcciones para las cifras diarias de mortalidad acumulada en España durante la pandemia de COVID-19. *Revista Española de Salud Pública*, 95, 33.
- Fouillet, A., Pontais, I., & Caserio-Schönemann, C. (2020). Excess all-cause mortality during the first wave of the COVID-19 epidemic in France, March to May 2020. *Eurosurveillance*, 25(34), 2001485. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.34.2001485
- Gobierno de España. (2020). *Estrategia de diagnóstico, vigilancia y control en la fase de transición de la pandemia de COVID-19. Indicadores de seguimiento*. Actualizado a 12 de mayo de 2020. Recuperado de: https://www.semg.es/images/2020/Coronavirus/20200512_COVID19_Estrategia_vigilancia_y_control_e_indicadores.pdf
- González Morán, F., Muñoz Criado, I., & Vanaclocha, H. (2008). La información en tiempo real: una herramienta necesaria en vigilancia epidemiológica. *Gaceta Sanitaria*, 22(2), 162-167. doi: 10.1157/13119327
- Grabowski, J., Witkowska, N., & Bidzan, L. (2021). Letter to the editor: Excess all-cause mortality during second wave of COVID-19—the Polish perspective. *Eurosurveillance*, 26(7), 2100117. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2021.26.7.2100117
- Hyndman, R. J. & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688. doi:10.1016/j.ijforecast.2006.03.001.
- Instituto de Salud Carlos III. (2020a) *Informes MoMo 2020*. Disponible en: <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/MoMo/Paginas/Informes-MoMo-2020.aspx>
- Instituto de Salud Carlos III. (2020b) *MoMo Dashboard*. Disponible en: https://momo.isciii.es/public/momo/dashboard/momo_dashboard.html
- Instituto de Salud Carlos III. (2020c) *MoMo Dashboard: Documentación*. Disponible en: https://momo.isciii.es/public/momo/dashboard/momo_dashboard.html#documentacion
- Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Estadística experimental: Estimación de Defunciones Semanales durante el brote de COVID-19*. Nota de prensa 3/06/2020. Disponible en: https://www.ine.es/prensa/experimental_edes.pdf
- León-Gómez I., Delgado-Sanz C., Jiménez-Jorge S., Flores V., Simón F., Gómez-Barroso D., Larrauri A., & de Mateo Ontañón, S. (2015). Exceso de mortalidad relacionado con la gripe en España en el invierno de 2012. *Gaceta Sanitaria*, 29, 258-65. doi: 10.1016/J.GACETA.2015.01.011
- Nørgaard, S. K., Vestergaard, L. S., Nielsen, J., Richter, L., Schmid, D., Bustos, N., ... & Mølbak, K. (2021). Real-time monitoring shows substantial excess all-cause mortality during second wave of COVID-19 in Europe, October to December 2020. *Eurosurveillance*, 26(2), 2002023. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2021.26.1.2002023
- Sarnaglia, A. J., Zamprogno, B., Molinares, F. A. F., de Godoi, L. G., & Monroy, N. A. J. (2021). Correcting notification delay and forecasting of COVID-19 data. *Journal of mathematical analysis and applications*, 125202. doi: 10.1016/j.jmaa.2021.125202
- Vestergaard, L. S., & Mølbak, K. (2020). Timely monitoring of total mortality associated with COVID-19: informing public health and the public. *Eurosurveillance*, 25(34), 2001591. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.34.2001591
- Vestergaard, L. S., Nielsen, J., Richter, L., Schmid, D., Bustos, N., Braeye, T., ... & Fouillet, A. (2020). Excess all-cause mortality during the COVID-19 pandemic in Europe—preliminary pooled estimates from the EuroMOMO network, March to April 2020. *Eurosurveillance*, 25(26), 2001214. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.26.2001214

Anexo

Tabla A1. Proyecciones de la revisión total aplicable a cada cifra de mortalidad en su primera publicación.

Fecha	Lineal	Cuadrático	Cúbico	Fecha	Lineal	Cuadrático	Cúbico
22 sep	7,407	1,089	1,000	09 nov	1,069	1,013	1,026
23 sep	6,017	1,086	1,000	10 nov	1,068	1,013	1,026
24 sep	4,590	1,082	1,000	11 nov	1,063	1,013	1,028
25 sep	3,507	1,077	1,000	12 nov	1,058	1,012	1,021
26 sep	2,782	1,073	1,000	13 nov	1,052	1,012	1,020
27 sep	2,180	1,069	1,000	14 nov	1,045	1,012	1,014
28 sep	1,827	1,065	1,000	15 nov	1,038	1,011	1,012
29 sep	1,918	1,063	1,000	16 nov	1,032	1,011	1,007
30 sep	1,835	1,061	1,000	17 nov	1,032	1,011	1,009
01 oct	1,649	1,058	1,000	18 nov	1,026	1,011	1,008
02 oct	1,576	1,055	1,000	19 nov	1,023	1,010	1,006
03 oct	1,490	1,053	1,000	20 nov	1,019	1,010	1,007
04 oct	1,346	1,050	1,000	21 nov	1,016	1,010	1,003
05 oct	1,248	1,046	1,000	22 nov	1,014	1,009	1,001
06 oct	1,267	1,044	1,000	23 nov	1,012	1,009	1,000
07 oct	1,253	1,043	1,000	24 nov	1,011	1,009	1,003
08 oct	1,229	1,041	1,000	25 nov	1,009	1,009	1,000
09 oct	1,195	1,039	1,000	26 nov	1,008	1,009	1,002
10 oct	1,157	1,036	1,000	27 nov	1,006	1,008	1,001
11 oct	1,118	1,032	1,000	28 nov	1,005	1,008	1,000
12 oct	1,088	1,028	1,000	29 nov	1,004	1,008	1,000
13 oct	1,035	1,018	1,000	30 nov	1,003	1,008	1,000
14 oct	1,134	1,031	1,031	01 dic	1,001	1,008	1,001
15 oct	1,053	1,029	1,024	02 dic	1,006	1,008	1,001
16 oct	1,011	1,025	1,000	03 dic	1,006	1,007	1,003
17 oct	1,492	1,030	1,115	04 dic	1,006	1,007	1,003
18 oct	1,430	1,029	1,113	05 dic	1,005	1,007	1,008
19 oct	1,379	1,027	1,108	06 dic	1,005	1,007	1,001
20 oct	1,382	1,026	1,109	07 dic	1,004	1,007	1,001
21 oct	1,341	1,040	1,000	08 dic	1,003	1,007	1,003
22 oct	1,321	1,024	1,103	09 dic	1,001	1,006	1,001

Tabla A1. Continuación.

23 oct	1,302	1,024	1,095	10 dic	1,004	1,006	1,003
24 oct	1,275	1,023	1,100	11 dic	1,006	1,006	1,008
25 oct	1,245	1,022	1,086	12 dic	1,006	1,006	1,011
26 oct	1,219	1,021	1,080	13 dic	1,005	1,006	1,000
27 oct	1,212	1,021	1,081	14 dic	1,005	1,006	1,002
28 oct	1,196	1,020	1,075	15 dic	1,005	1,005	1,006
29 oct	1,182	1,019	1,075	16 dic	1,005	1,005	1,007
30 oct	1,161	1,018	1,000	17 dic	1,005	1,004	1,008
31 oct	1,145	1,018	1,141	18 dic	1,005	1,004	1,004
01 nov	1,129	1,017	1,051	19 dic	1,005	1,004	1,003
02 nov	1,115	1,017	1,044	20 dic	1,004	1,003	1,004
03 nov	1,099	1,016	1,035	21 dic	1,004	1,003	1,007
04 nov	1,107	1,016	1,048	22 dic	1,003	1,003	1,002
05 nov	1,105	1,015	1,044	23 dic	1,003	1,003	1,001
06 nov	1,098	1,015	1,038	24 dic	1,003	1,003	1,003
07 nov	1,089	1,014	1,042	25 dic	1,001	1,002	1,004
08 nov	1,078	1,014	1,035				

Tabla A2. Regresiones y proyecciones de las revisiones de las cifras publicadas el 22 de septiembre.

Después	modelo	beta 0	beta 1	beta 2	beta 3	proyección
de 1 día	Lineal	2.34570	-0.06481	-	-	1
	Cuadrático	1	0	0.0016143	-	1.13076
	Cúbico	1	-9.267e-06	0	-6.1195e-02	1
de 2 días	Lineal	1.10355	0.00489	-	-	1.211135
	Cuadrático	1	0	0.00014083	-	1.045633
	Cúbico	1	-0.041692	0	0.0001372	1
de 3 días	Lineal	0.97555	0.00974	-	-	1.189841
	Cuadrático	1	0	5.0077e-05	-	1.005206
	Cúbico	1	-0.031461	0	0.0001375	1
de 7 días	Lineal	0.89004	0.01464	-	-	1.212059
	Cuadrático	1	0	6.4741e-09	-	1
	Cúbico	1	-0.022501	0	0.0002047	1
de 14 días	Lineal	1.95990	-0.14360	-	-	1
	Cuadrático	1	0	0.0101195	-	1
	Cúbico	1	0.0566803	0	-0.0001488	1

El modelo cuadrático se diferencia del modelo lineal en que añade el monomio de grado 2 y, en el caso del cúbico, añade el monomio de grado 3 al modelo cuadrático. El eje X recoge los días transcurridos entre el 15 y el 21 de septiembre y el eje Y las revisiones observadas en esas fechas de las cifras publicadas 1, 2, 3, 7 y 14 días antes. Beta 0 y beta 1 son el punto de corte con el eje Y (eje de revisiones) y la pendiente. Lo lógico sería que a medida avancen las fechas entre el 15 y el 21 de septiembre las revisiones sean cada vez menores y eso debería traducirse en una pendiente negativa. Sin embargo, las regresiones lineales para revisiones después de 2, 3 y 7 días muestran estimaciones de beta 1 positivas (**en negrita**). Al extrapolar la estimación para fechas posteriores al día 22, la pendiente positiva se traduce erróneamente en proyecciones de revisión al cabo de esos días de la cifra publicada el 22 de septiembre muy superiores a 1 (fuertes revisiones). Y esa es la razón por la que el modelo lineal no hace correcciones tan robustas como los de mayor grado: el modelo lineal produce estimaciones crecientes cuando hay revisiones observadas que no decrecen a medida que transcurren las fechas de la muestra. Beta 0 en los modelos cuadrático está normalizada para dejar el vértice en el punto (0,1), y así se garantizan que dicha estimación es decreciente.

Tabla A3. Regresiones y proyecciones de las revisiones de las cifras publicadas el 19 de octubre.

Después	modelo	beta 0	beta 1	beta 2	beta 3	proyección
de 1 día	Lineal	1.830190	-0.01978	-	-	1
	Cuadrático	1	0	0.0004732	-	1
	Cúbico	1	2.9311e-03	0	-1.3987e-05	1
de 2 días	Lineal	1.100252	0.0006241	-	-	1.130833
	Cuadrático	1	0	4.3269e-05	-	1.014019
	Cúbico	1	-3.6476e-03	0	4.7781e-07	1.062870
de 3 días	Lineal	1.025578	0.001254	-	-	1.087007
	Cuadrático	1	0	1.8015e-05	-	1.014472
	Cúbico	1	-2.5431e-03	0	5.5783e-07	1.040492
de 7 días	Lineal	0.985826	0.000962	-	-	1.032963
	Cuadrático	1	0	6.4741e-09	-	1.000001
	Cúbico	1	-2.4124e-03	0	2.4314e-06	1
de 14 días	Lineal	1.322230	-0.01319	-	-	1
	Cuadrático	1	0	0.0003	-	1
	Cúbico	1	7.7360e-03	0	-2.0846e-05	1

El modelo cuadrático se diferencia del modelo lineal en que añade el monomio de grado 2 y, en el caso del cúbico, añade el monomio de grado 3 al modelo cuadrático. El eje X recoge los días transcurridos entre el 15 de y el 19 de octubre y el eje Y las revisiones observadas en esas fechas de las cifras publicadas 1, 2, 3, 7 y 14 días antes. En **negrita**, las estimaciones lineales crecientes que se traducen en proyecciones de revisión muy superiores a 1 (fuertes revisiones). Los días festivos, como el 12 de octubre, hacen que algunas revisiones correspondientes a las fechas de la muestra sean pequeñas (baja notificación durante festivos) y altas en fechas posteriores (notificaciones retrasadas) rompiendo de modo anómalo o artificial la relación entre transcurso de fechas y caída de las revisiones que implica estimaciones decrecientes. En **negrita y cursiva**, las estimaciones cúbicas que dan lugar a fuertes revisiones. Beta 0 en los modelos cuadrático está normalizada para dejar el vértice en el punto (0,1), y así se garantizan que dicha estimación es decreciente. Sin embargo, el punto (0,1) en la regresión cúbica será un punto de inflexión lo que no garantiza que la extrapolación sea localmente decreciente.