

# PROPUESTA PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL COVID-19 EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN EN ESPAÑA Y SUS COMUNIDADES AUTÓNOMAS



C. Herrero<sup>1,3</sup>



A. Villar<sup>1,4</sup>



H. García<sup>1</sup>



F. Pérez<sup>1,2</sup>



R. Aragón<sup>1</sup>

*Ivie<sup>1</sup>, Universitat de València<sup>2</sup>, Universidad de Alicante<sup>3</sup> y Universidad Pablo de Olavide<sup>4</sup>*

23/04/2020

**IvieLAB**

**Ivie**

**COVID19: IvieExpress**

## RESUMEN

Presentamos un índice sintético para evaluar el impacto del COVID-19 sobre la población de España y sus comunidades autónomas (CC.AA.), desde el punto de vista de su alcance y su severidad. El alcance mide la proporción de afectados de gravedad con respecto a la población total. La severidad es una medida de cuán grave es la situación de esta población afectada. El índice de impacto es el producto de estos dos componentes, el *alcance* y la *severidad*, de modo que mide cuántas personas hay afectadas de gravedad y cómo están de afectadas, en relación con la población total.

Para elaborar este índice usamos los datos diarios que proporciona el Ministerio de Sanidad sobre el número de fallecidos, hospitalizados y curados, tanto para España en su conjunto como para cada una de las comunidades autónomas.

Consideramos como población de referencia para medir la severidad la de “afectados graves”, que consiste en la suma de quienes requieren hospitalización, distinguiendo entre los que son ingresados en unidades de cuidados intensivos y los que no, los fallecidos y los dados de alta (curados). Para evaluar la severidad tomamos en cuenta la distribución de los afectados graves en estas cuatro situaciones, utilizando un indicador que permite calibrar la gravedad relativa de las distribuciones que se comparan (el *balanced worth*).

Los indicadores que presentamos son los siguientes:

1. Evolución diaria del indicador de severidad y del índice de impacto del COVID-19 y sus componentes para España y cada comunidad autónoma desde el día 19 de marzo en adelante.
2. Situación de las CC. AA. en relación con España en un momento determinado.

Es conocido que los datos oficiales disponibles presentan problemas importantes de cobertura, fiabilidad y comparabilidad. No obstante, si se

quiere realizar un seguimiento de la evolución de la pandemia hay que basarse sobre esta información, teniendo en cuenta que los resultados deben ser tomados con prudencia. El día 17 de abril se ha producido un cambio de criterio sobre la forma de calcular las distintas variables. Los resultados con los nuevos criterios se irán incorporando conforme estén disponibles.

## 1. INTRODUCCIÓN

La transmisión del COVID-19 en todo el mundo obliga a los gobiernos a monitorizar la evolución de la pandemia en sus territorios. Diferentes agencias internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Departamento de Salud de Estados Unidos, o el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades, han propuesto diversos protocolos de seguimiento de la pandemia, como el Pandemic Influenza Severity Assessment (PISA) de la OMS, o el Pandemic Severity Assessment Framework (PSAF) en Estados Unidos.

Todos ellos coinciden en que hay tres aspectos fundamentales de la pandemia que hay que monitorizar: su *prevalencia* (la proporción de población afectada), su *severidad* (distribución por estados de salud de los afectados graves) y su *efecto sobre los servicios nacionales de salud*.

Por otra parte, resaltan que: (1) El efecto real sobre la población no se puede saber con precisión hasta el final de la pandemia; (2) A pesar de ello, es importante trabajar, reportar e intentar medir los efectos durante la pandemia, sabiendo que lo que se diga va a estar sujeto a errores; y (3) Es esencial crear medidas sintéticas que ayuden a seguir la evolución, a pesar de las limitaciones señaladas, dada la diversa dinámica que presentan las variables básicas que describen la evolución de la pandemia

Las instituciones internacionales recomiendan que las comparaciones se realicen tomando medidas relativas a la *población en riesgo*, aquella cu-

ya vida corra peligro, que requiera hospitalización o confinamiento. Las organizaciones internacionales también indican que en los comienzos de la pandemia es muy difícil tener un dato fiable sobre la prevalencia, que sólo será precisa si se realizan test masivos a la población, o alternativamente, test aleatorios bien diseñados que ayuden a estimar el verdadero rango de contagiados.

Nos enfrentamos pues con la necesidad de realizar un seguimiento preciso y tener que hacerlo con bases de datos deficientes y sin protocolos de valoración convencionales. Debemos así seleccionar con cuidado las variables a considerar, elaborar indicadores adecuados que permitan resumir la información, y ser cautos con la interpretación de los resultados que obtengamos en esta fase temprana de la pandemia.

## 2. LOS DATOS ESPAÑOLES

El Ministerio de Sanidad ofrece datos diarios desagregados por Comunidades Autónomas de: *casos confirmados* (acumulados al día de la fecha), *fallecimientos* (acumulados al día de la fecha), *curados* (acumulados al día de la fecha) así como de *ingresos en hospitales y en unidades de cuidados intensivos* (UCI). Estos últimos datos no son computados del mismo modo por todas las comunidades autónomas.<sup>1</sup>

Como en la mayoría de los países, los datos españoles sobre *casos confirmados* sólo recogen una parte de la población contagiada, aquella afectada más severamente por la pandemia. Eso impide conocer la extensión real del contagio, pero permite centrar la atención sobre la población con mayor riesgo. A ello hay que añadir que en España hay diferencias en la metodología de recuento en los hospitales, que los *curados* se corresponden con las altas en hospitales (no necesariamente con

<sup>1</sup> Unas pocas comunidades autónomas proporcionaban a diario el stock de personas hospitalizadas, distinguiendo entre los ingresados en planta y en UCI, mientras que la mayoría suministra información sobre el acumulado con el mismo formato. El día 17 de abril el Gobierno ha emitido una orden para proceder a una homogeneización de estos datos, cuyo resultado está aún por ver pero que presumiblemente romperá la serie realizada hasta el momento. La Comunidad de Madrid sigue ofreciendo los datos de los hospitalizados en el último día.

los casos confirmados mediante test), y que no está claro si en todas las comunidades los *fallecidos* incluyen aquellos institucionalizados fuera de hospitales, en especial residencias de mayores. Tampoco se dispone de información desagregada sobre el número de test realizados o pacientes positivos confinados en sus domicilios, como sí ocurre en otros países (v.g. Italia).

## 3. PROPUESTA DE EVALUACIÓN

A pesar de las deficiencias de los datos y de saber que se producirán fluctuaciones asociadas a cambios de criterio, es importante disponer de procedimientos que permitan un seguimiento de la evolución de la pandemia en España y sus Comunidades Autónomas, en el sentido que indican los organismos internacionales. Es el modo de tener referencias, al menos aproximadas, de la gravedad de la situación, la efectividad de las medidas implantadas, el ritmo de recuperación de los afectados y la amplitud con la que la población se ve afectada. Este análisis supone un doble reto:

1. Decidir las variables sobre las que se va a realizar el seguimiento.
2. Construir un indicador sintético que permita realizar comparaciones en el tiempo para cada región o comunidad autónoma y entre ellas en diferentes momentos del tiempo.

En cuanto al primero de los retos hay que señalar que la decisión sobre la población de referencia no es trivial. Parecería natural identificar esta población de referencia con la de *casos confirmados*. Esta opción, sin embargo, presenta el problema de que el número de casos confirmados depende del volumen de test que se realice, de modo que cuanto mayor sea el número de personas sometidas a escrutinio mayor será el total de casos confirmados. Presumiblemente en esta nueva población diagnosticada la mayoría resultarán asintomáticos o con síntomas leves, lo que tiene un significado distinto sobre la presión sobre el sistema sanitario. Habrá además una serie de personas portadoras de anticuerpos que se detecten en los exámenes serológicos y que podrían haber tenido el

virus sin presentar síntomas. La dificultad de incorporar esta información, conforme vaya mejorando, no sería tanto la complejidad de su tratamiento sino la ruptura de la comparabilidad con los datos relativos a la fase inicial de la pandemia.

Por ello vamos a tomar como población de referencia la compuesta, en cada momento del tiempo, por la suma de (a) *fallecidos* hasta ese momento y desde el inicio de la pandemia; (b) *hospitalizados en UCI y fuera de UCI* (total de personas hasta la fecha de referencia<sup>2</sup>); (c) *curados* hasta ese momento y desde el inicio de la pandemia. Nos referiremos a este grupo de población como **afectados graves**.<sup>3</sup> Su evolución y la de sus componentes en España la refleja en el gráfico 1.

Una vez tomada como referencia la población de afectados graves, proponemos un indicador que combina dos elementos esenciales: el **alcance** o la extensión de la pandemia y la **severidad** con que la pandemia está afectando a los enfermos. Hemos considerado dos formulaciones alternativas de la idea de **alcance** de la pandemia, a las que nos referiremos con los adjetivos de bruto y neto. El **alcance bruto** no es más que el cociente entre el número de afectados graves y la población total. El **alcance neto** es la relación entre el número de afectados graves menos los curados y la población total.

El alcance bruto mide, en cada momento del tiempo y para cada población considerada, el total acumulado de afectados graves por la pandemia

hasta el momento, relativo al total de población. Computa pues tanto a los hospitalizados como a los que han fallecido o se han curado. El alcance neto mide, en cada momento del tiempo, la proporción de población afectada de forma grave por la pandemia hasta ese momento, computando a los hospitalizados y fallecidos.<sup>4</sup>

Para medir la **severidad** vamos a recurrir a un procedimiento de comparación de las distribuciones de afectados graves en cuatro diferentes situaciones: curados, hospitalizados no UCI, ingresados en UCI y fallecidos. Este procedimiento, desarrollado en varios trabajos previos por investigadores del Ivie<sup>5</sup>, se basa en comparar la probabilidad de que el afectado grave representativo de una comunidad se encuentre en un estado de salud peor que el afectado grave de otras comunidades. Este tipo de comparación permite obtener un indicador relativo de severidad mediante el que se puede estimar la evolución temporal con respecto a un momento inicial o la situación relativa de una comunidad con respecto a las demás en un determinado momento del tiempo. Su principal ventaja es que permite comparar las distribuciones por diferentes estados de salud de la población afectada por el virus sin necesidad de tener que introducir pesos para comparar dichos estados (es decir, sin valoraciones del tipo de “cuánto vale una persona curada con respecto a una fallecida”). Describimos con mayor detalle este indicador en el Anexo 1.

<sup>2</sup> Esta no es una decisión de los autores, sino el formato de datos hospitalarios que ha decidido el Ministerio de Sanidad. No es la mejor opción cuando se quiere seguir la situación cada día, debido a la gran inercia que presenta esta forma de recuento de los hospitalizados, pero es lo que han decidido nuestras autoridades.

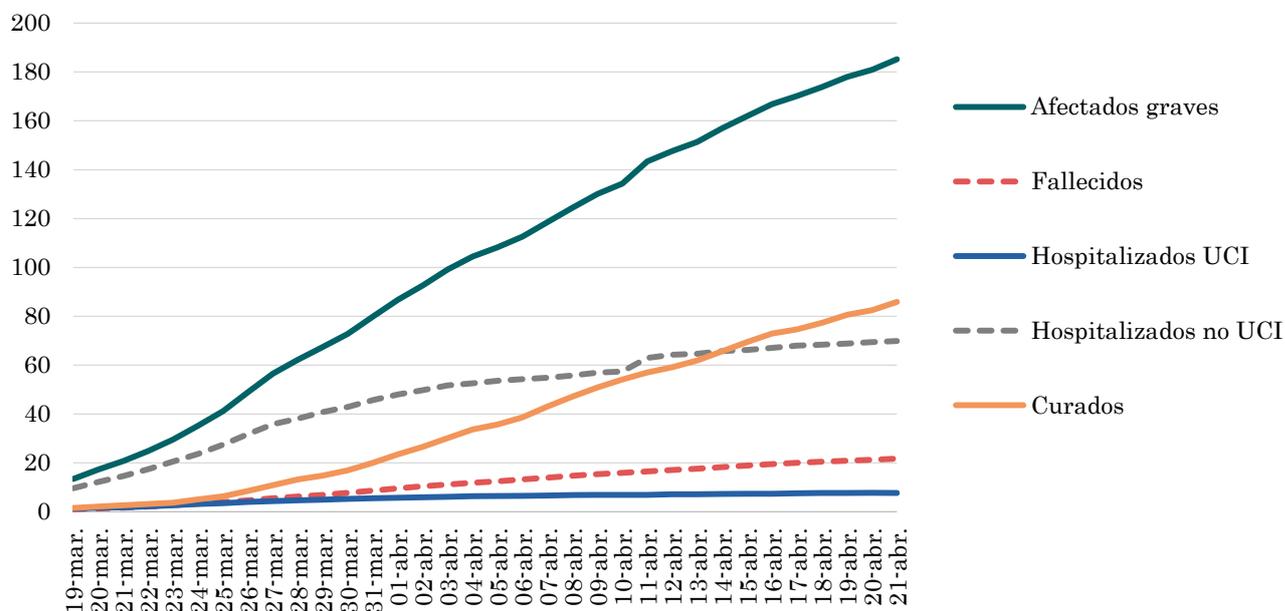
<sup>3</sup> Tampoco este grupo de población está bien definido, dado que los datos de hospitalización por comunidades no son homogéneos, como ya hemos indicado, y se mezclan cifras acumuladas y diarias. A pesar de ello el sesgo se reduce mucho debido a la forma de tratar los datos en nuestros indicadores (dado que la variable clave es la de las proporciones) y los datos resultan consistentes cuando analizamos la evolución temporal de cada comunidad por separado. Las pruebas de robustez realizadas indican que no hay diferencias sustanciales cuando tomamos como referencia los casos confirmados y centramos el análisis en fallecidos, curados y enfermos (la diferencia entre contagiados y la suma de fallecidos y curados), que son cifras más homogéneas pero que pierden el detalle de los tipos de hospitalización.

<sup>4</sup> Ello implica que, cuando acabe la pandemia y no haya nuevos contagios, el alcance bruto nos hablará de la situación final de afectados según su distribución entre curados y fallecidos. El alcance neto, por su parte, sería una medida de la tasa de mortalidad si los hospitalizados no se midieran de manera acumulada, pues es ese caso convergería a la fracción de fallecidos por la epidemia con respecto a la población total.

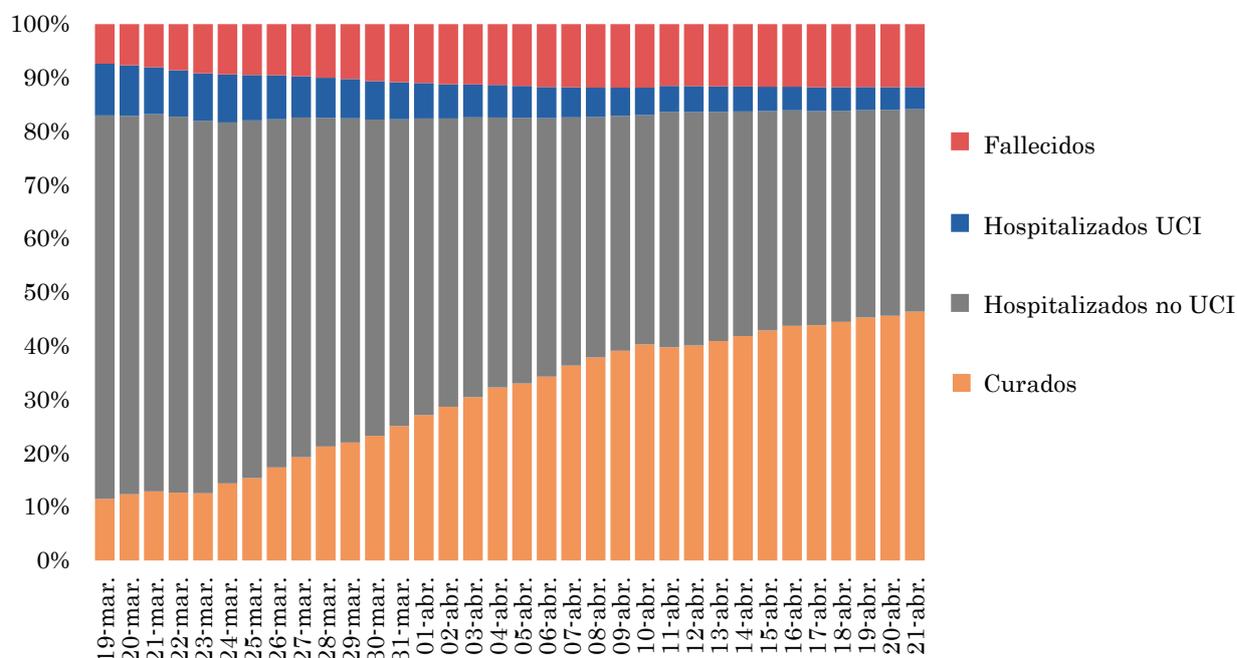
<sup>5</sup> Véase Herrero & Villar (2013, 2018, 2020).

**Gráfico 1: Evolución de afectados graves (fallecidos, hospitalizados UCI y no UCI y curados). España (del 19 de marzo al 21 de abril de 2020)**

a) Evolución (miles)



b) Estructura porcentual



Nota: A fecha de 19 de marzo las cifras representadas en el gráfico 1a son: 993 fallecidos, 1.297 hospitalizados en UCI, 9.618 hospitalizados no UCI, 1.542 curados, para un total de afectados graves de 13.450 personas.

Fuente: Ministerio de Sanidad.

A partir de los datos de alcance y severidad construimos un indicador sintético, que denominamos *índice de impacto del COVID-19*,  $I_{COVID-19}$ , que viene dado por el producto de estas dos variables. Es decir:

$$I_{COVID-19} = Alcance \times Severidad$$

Se trata de una medida muy intuitiva (cuántos afectados graves hay, en términos relativos, por cómo están de graves). Nos ofrece una medida del grado en que cada población considerada se ve afectada por la enfermedad, resultante de la tensión sanitaria y la amplitud del problema.

Dado que consideramos dos medidas diferentes para el alcance (bruto y neto), habrá dos indicadores de impacto asociados, el índice de impacto bruto,  $I_{COVID-19}^B$ , y el neto,  $I_{COVID-19}^N$ . Formalmente:

$$I_{COVID-19}^B = \frac{Afectados\ graves}{Población} \times Severidad$$

$$I_{COVID-19}^N = \frac{Afectados\ graves - Curados}{Población} \times Severidad$$

#### 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

A la hora de poner en práctica esta propuesta hay que tomar algunas decisiones metodológicas sobre el tratamiento de los datos y su presentación, que describimos a continuación.

Hemos optado por utilizar medias móviles de tres días, en lugar de datos puntuales, centradas en el día de referencia (es decir, sustituimos el valor de cada día por la media del día anterior, ese día y el día siguiente). De este modo se suaviza el impacto de los retrasos en el flujo de datos y se evitan algunos picos artificiales que surgen por pequeños retrasos en el suministro de información, sin aplanar artificialmente la serie.

Dado que la medida de severidad es una valoración relativa, es importante elegir adecuadamente el punto de referencia desde el que efectuamos la comparación. Hemos decidido anclar los datos en la fecha del 19 de marzo de 2020, que corresponde

a un momento en el que la entidad de la epidemia ya es significativa en todas las comunidades y las cifras dejan de ser erráticas. Los indicadores que miden la evolución de la severidad y el impacto de las comunidades autónomas se calculan haciendo igual a cien el valor del indicador para cada una de ellas en el momento inicial (19 de marzo). Ello facilita la comparación de su dinámica, pero también supone ignorar las diferencias existentes entre las comunidades en el momento inicial (estos indicadores tienen el carácter de números índice). Las diferencias existentes entre las comunidades autónomas en distintos momentos del tiempo se calculan haciendo una comparación específica en la que se muestran los datos tomando como referencia España = 100 en cada momento considerado.

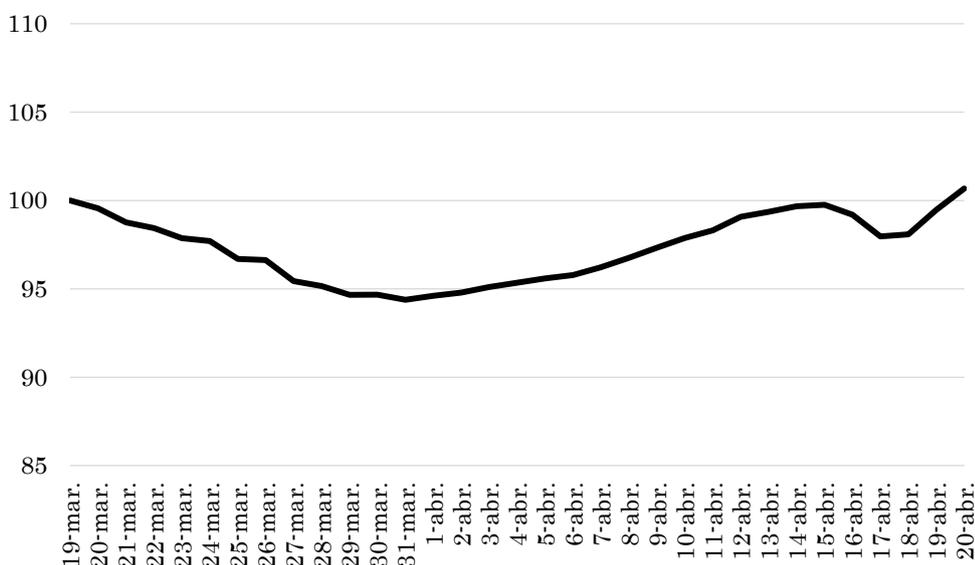
Para cada comunidad autónoma se presentan, pues, tres series de datos (siempre con formato de medias móviles): *Severidad*, *Impacto Bruto* e *Impacto Neto*. Estos datos se ofrecen desde el día de referencia (19 de marzo). En la web del Ivie se presentan los indicadores de evolución temporal de los indicadores actualizados regularmente (véase [aquí](#)) y de las comparaciones en determinados días entre las comunidades y España<sup>6</sup>.

El Anexo 2 contiene un sencillo ejemplo donde se ilustra la forma concreta de realizar los cálculos, tomando en cuenta los datos de dos fechas diferentes para una comunidad autónoma. Ofrecemos, además, la situación relativa de las distintas CC. AA. en un mismo día, tomando como referencia España. Presentaremos estos datos con carácter semanal, cada viernes, en la web del Ivie. Como punto de partida en la web se muestra la comparación entre la fecha inicial y la fecha en que aparece la primera información sobre este indicador, para luego proceder a hacer estas actualizaciones semanales.

<sup>6</sup> Para cada comunidad autónoma se presentan gráficos de la evolución temporal de los indicadores originales, normalizados tomado como base 100 el valor de España en la fecha inicial. La aplicación informática permite comparar la evolución de las CC.AA. que se desee. Asimismo, se ofrecen comparaciones semanales –referidas al miércoles– de las posiciones relativas de las comunidades.

## Gráfico 2. Índice de severidad. España

(19 de marzo = 100)



Fuente: Ministerio de Sanidad e Ivie.

## 5. RESULTADOS

A lo largo de las semanas de marzo y abril en las que se ha expandido la pandemia del COVID-19 en España, la evolución de las variables que determinan la severidad de la situación ha sido muy distinta. El gráfico 1 mostraba que el número de fallecidos no ha dejado de crecer, el de hospitalizados UCI tiende a reducirse, el de hospitalizados no UCI mucho más y el de curados crece de manera acelerada en los últimos días.

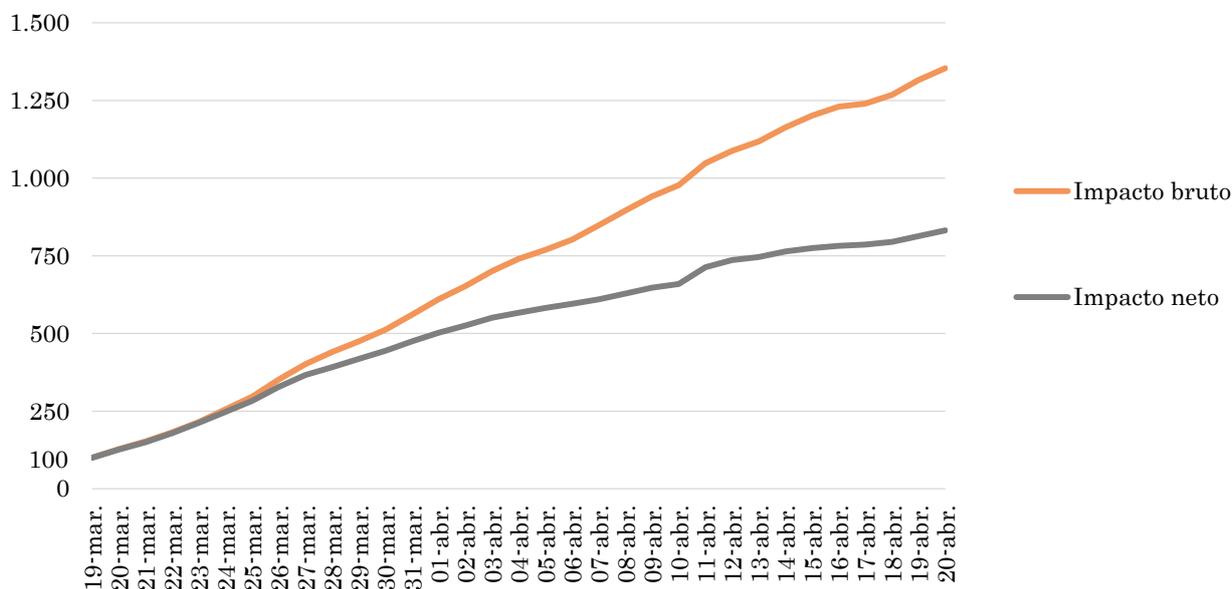
La evolución del indicador de severidad que resulta de la cambiante combinación de situaciones más o menos graves refleja, de manera sintética, esos cambios. Muestra un decrecimiento en España en la última semana de marzo, por la reducción de los hospitalizados no UCI y el aumento de los curados, pero un empeoramiento posterior por la acumulación de fallecimientos. En el conjunto del periodo, la trayectoria de la severidad es irregular y todavía no muestra mejoras claras, reflejando su nivel actual (similar al inicial) el elevado número de fallecidos acumulado.

Como consecuencia del continuo crecimiento de número de casos que han necesitado atención, el impacto bruto resultante de combinar severidad y alcance se ha multiplicado durante el periodo analizado. El significativo avance de los enfermos recuperados permite, en cambio, que el impacto neto se diferencie cada vez más del bruto.

La evolución de las comunidades en cuanto a la **severidad** de la enfermedad entre los infectados es muy distinta. Los niveles relativos más altos corresponden en la actualidad a Principado de Asturias, Cantabria, Andalucía, Castilla-La Mancha, Cataluña, Extremadura y Comunidad Foral de Navarra. Por el contrario, se sitúan actualmente por debajo Región de Murcia, La Rioja, Canarias, País Vasco, Comunitat Valenciana, Aragón e Illes Balears. En el caso de la Comunidad de Madrid es importante recordar que computa los hospitalizados de manera distinta al resto de comunidades, lo que los reduce más rápidamente su indicador de severidad si se compara con otras comunidades.

**Gráfico 3. Índice de impacto bruto y neto. España**

(19 de marzo =100)



Fuente: Ministerio de Sanidad e Ivie.

Es interesante advertir que la severidad con la que padece las consecuencias del COVID-19 la población afectada todavía no ha comenzado a reducirse en bastantes comunidades autónomas, mientras que en otras si lo ha hecho.

La evolución del impacto por habitante de la pandemia en las comunidades autónomas también es muy diferente, como refleja el gráfico 5. Al observarlo debe tenerse en cuenta que las escalas de los distintos paneles son diferentes para ajustarse al rango de variación de los impactos en cada comunidad. También debe advertirse que los índices toman base 100 en el valor del impacto del COVID-19 en cada comunidad el 19 de marzo, de modo que son relevantes para las comparaciones temporales dentro de cada región pero no tanto para comparar a las comunidades entre sí.

El aumento del impacto bruto por habitante ha superado mucho la media nacional en la Castilla-La Mancha<sup>7</sup>, La Rioja, Cataluña, Castilla y León,

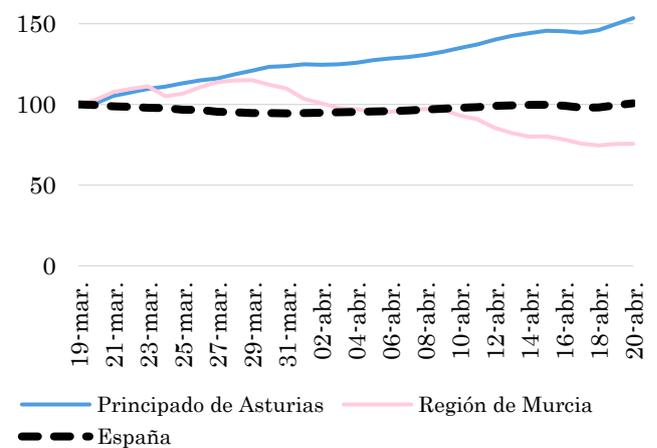
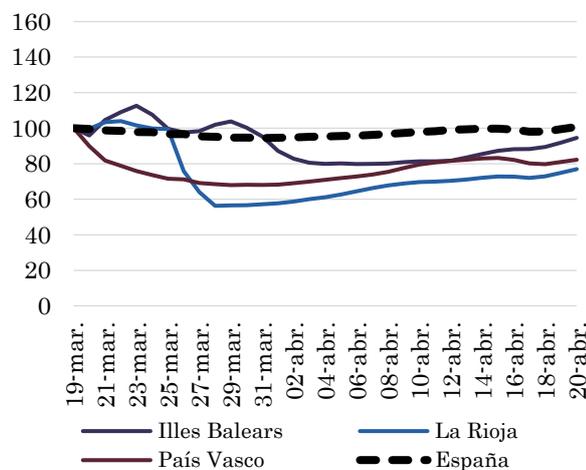
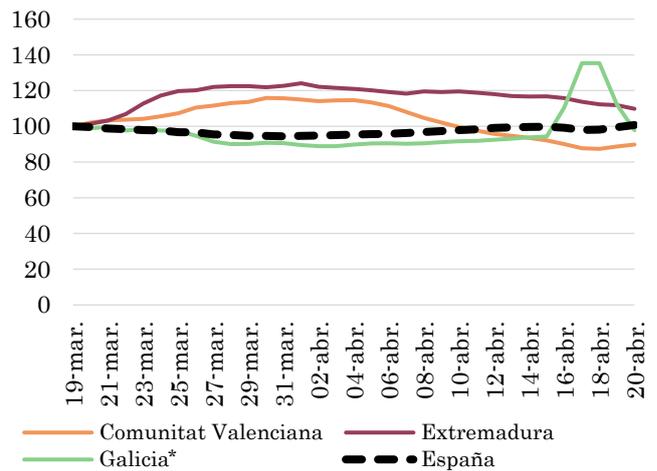
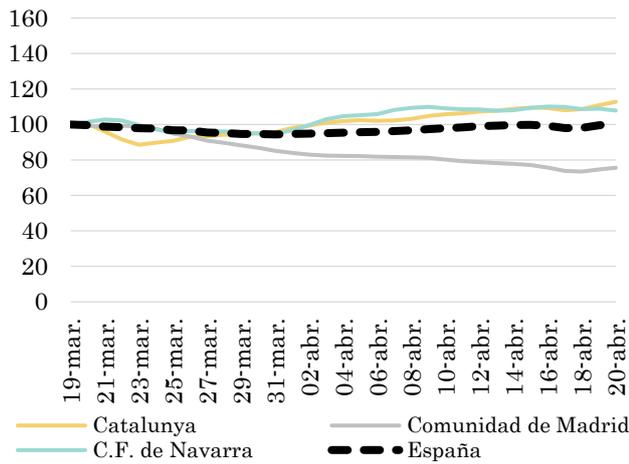
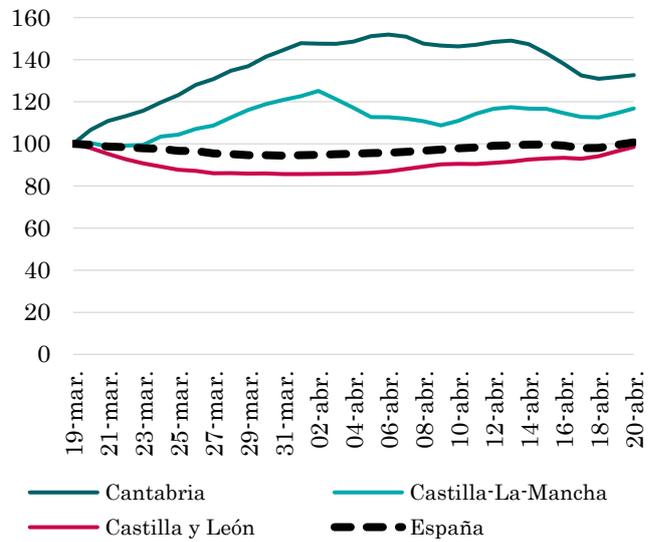
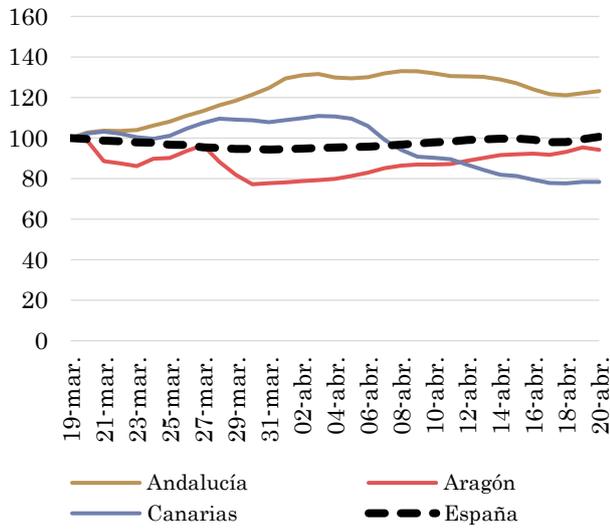
Comunidad Foral de Navarra, País Vasco, y Comunidad de Madrid. En cambio, se sitúan claramente por debajo de la media Canarias, Murcia, Andalucía, Illes Balears, Galicia, Comunitat Valenciana, Extremadura y Principado de Asturias.

Con respecto al impacto neto por habitante las trayectorias de Castilla-La Mancha, Cataluña, Aragón, Comunidad Foral de Navarra, La Rioja, Castilla y León, Aragón, y País Vasco se sitúa por encima de la media nacional. Se sitúan claramente por debajo de dicha media Canarias, Murcia, Illes Balears, Andalucía, Comunitat Valenciana y Galicia. La Comunidad de Madrid presenta una evolución decreciente del impacto neto a partir de principios de abril, algo que es esperable que suceda en todas conforme se vaya superando la pandemia pero que en este caso puede deberse en parte a su distinta forma de computar los hospitalizados. También está decreciendo el impacto neto durante el mes de abril en Canarias, Cantabria y Región de Murcia, y se ha estabilizado en Andalucía y Comunitat Valenciana.

<sup>7</sup> La serie de afectados de esta comunidad presenta una anomalía a partir de un salto en el número de hospitali-

zados el día 11 de abril, que se refleja en el impacto directamente.

**Gráfico 4. Índice de severidad por comunidades autónomas**  
(19 de marzo = 100)

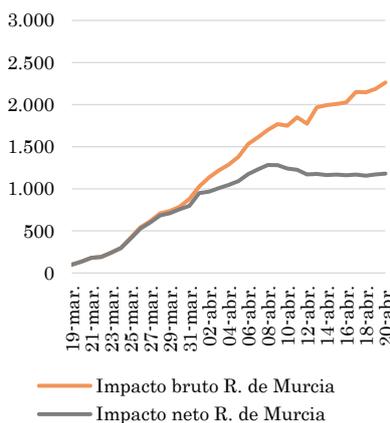
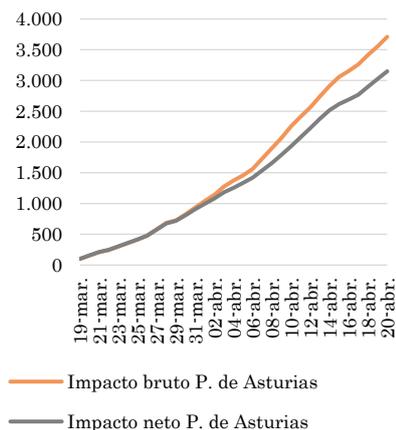
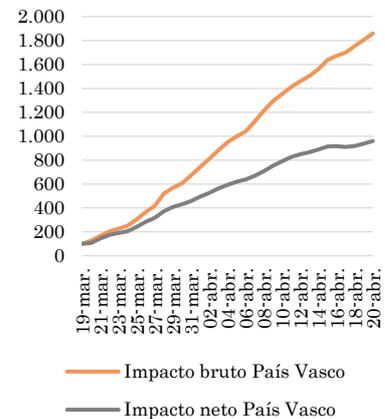
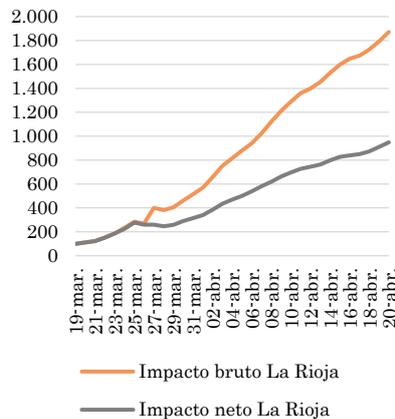
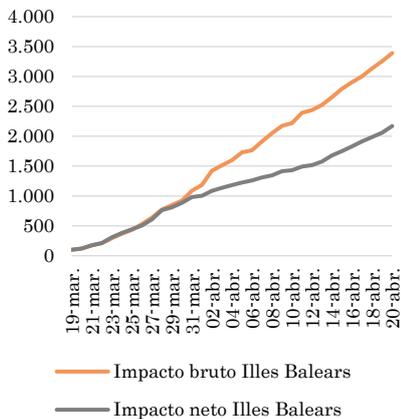
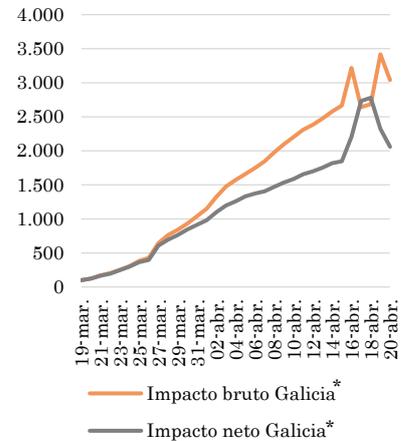
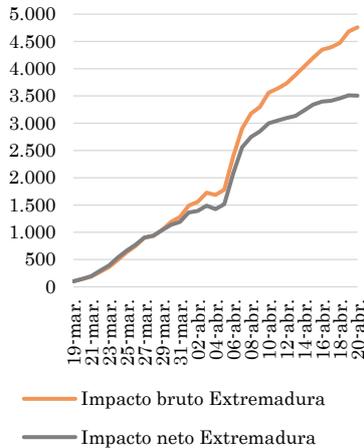
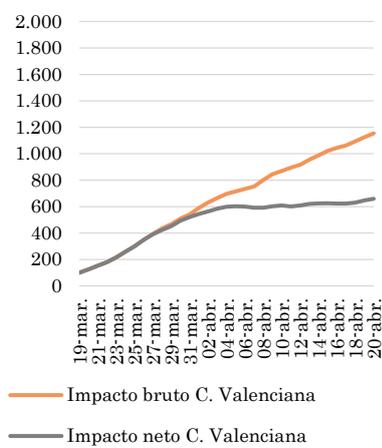


Nota: \* Véase la nota 2 del gráfico 5.  
Fuente: Ministerio de Sanidad e Ivie.

**Gráfico 5. Índice de impacto bruto y neto por comunidades autónomas**  
(19 de marzo = 100)



**Gráfico 5 (cont.). Índice de impacto bruto y neto por comunidades autónomas**  
(19 de marzo = 100)



Nota 1: Las escalas de los gráficos difieren entre sí para mejorar la visualización de los impactos.

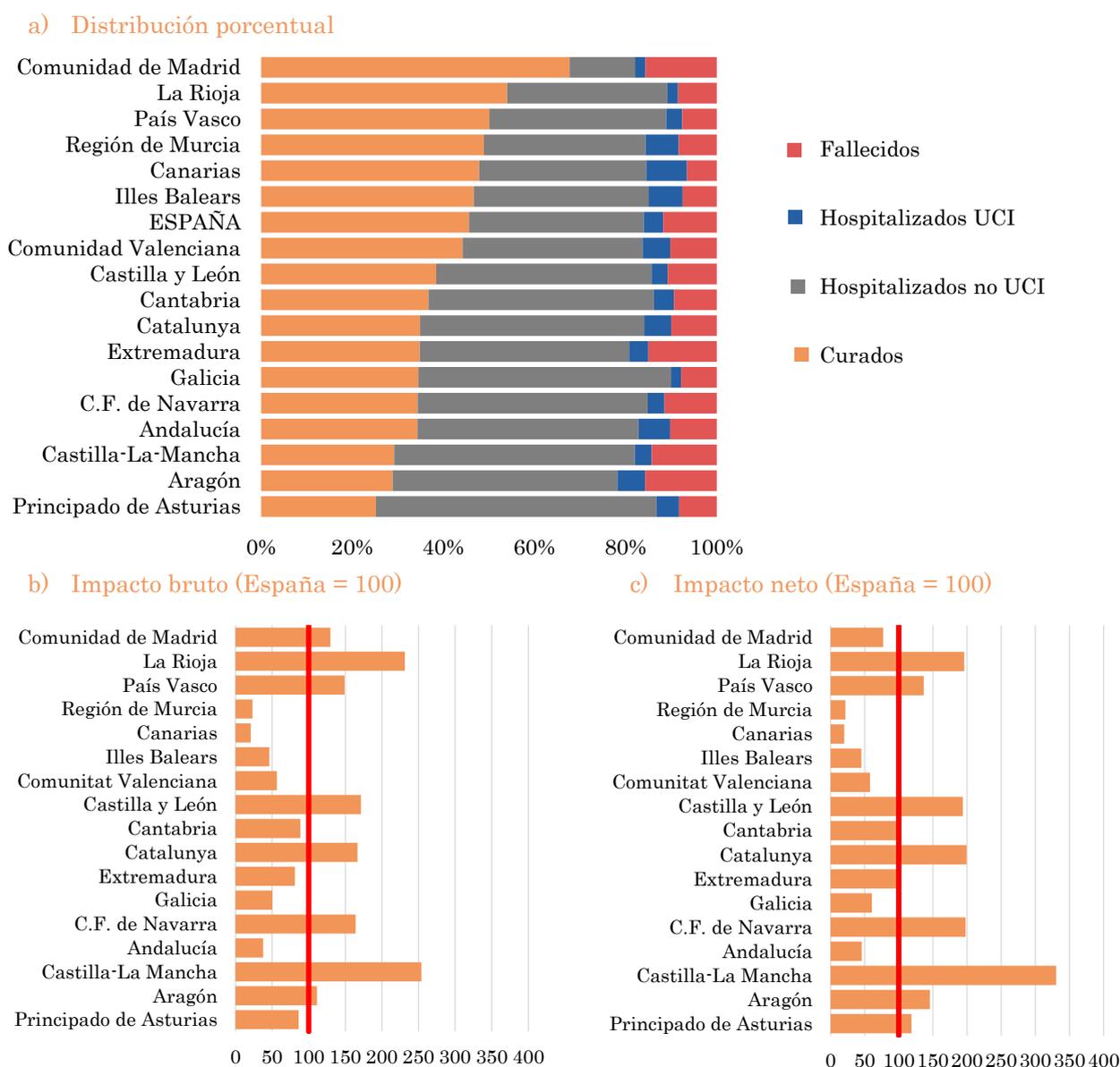
Nota 2: \* En los días 17 y 18 de abril, Galicia ha notificado altas hospitalarias (pero no altas epidemiológicas) por lo que en esos días se observa una ruptura de serie.

Fuente: Ministerio de Sanidad e Ivie.

En el gráfico 6 se presenta la comparativa entre comunidades el día 20 de abril. En el primer panel se observa que la distribución de la población afectada por niveles de gravedad es muy distinta entre las CC.AA. Dejando aparte el caso de Madrid por la falta de homogeneidad de sus datos de hospitalizados, las diferencias entre las proporciones de curados y hospitalizados de La Rioja, por un

lado, y Castilla-La Mancha, por otro son muy elevadas. Sin embargo, ambas tienen los mayores niveles de impacto bruto (segundo panel). Los índices de impacto neto se ofrecen en el tercer panel. El rango de valores de los índices de impacto bruto y neto es muy notable.

**Gráfico 6. Situación actual por comunidades autónomas. 20 de abril**  
(19 de marzo =100)



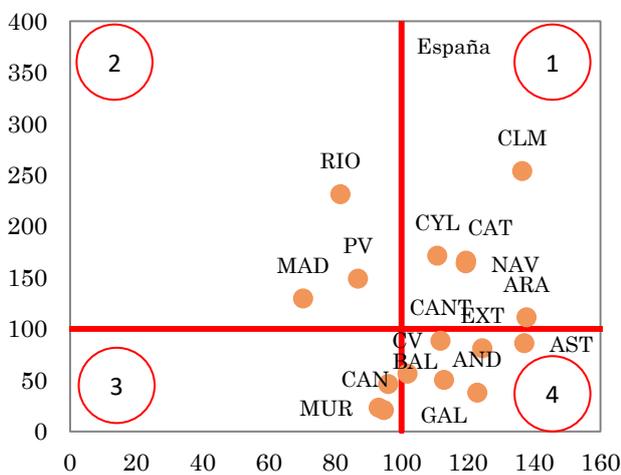
Fuente: Ministerio de Sanidad e Ivie.

La situación de cada comunidad puede ser muy distinta si se considera la severidad con la que la epidemia ha repercutido en los afectados graves o el impacto global sobre la población, porque el porcentaje de personas que ha enfermado es muy variable entre regiones cualquiera de los días considerados y no está correlacionado con la severidad. Al combinar las variables de severidad e impacto en la fecha analizada (20 de abril), en el gráfico 7 las comunidades se sitúan en cuatro escenarios. El panel a) corresponde al impacto bruto y el b) al neto:

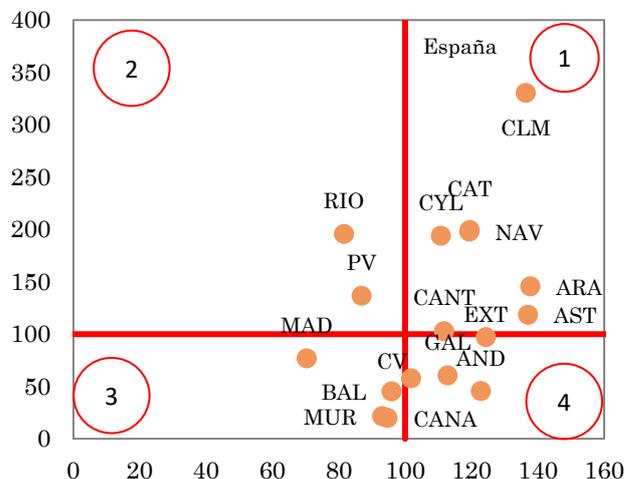
- En el primer cuadrante se encuentran las comunidades peor situadas, pues padecen la pandemia con mayor severidad que la media española y —dado el alcance de la enfermedad— tienen mayor impacto total que España.
- En el segundo cuadrante aparecen las comunidades en las que la severidad es inferior a la media pero el alcance del COVID-19 es más amplio y el impacto superior a la media.
- En el tercero se localizan las comunidades menos afectadas por la pandemia desde ambas perspectivas, por combinar bajo nivel de severidad y bajo alcance.
- En el cuarto cuadrante se ubican las comunidades que también padecen la enfermedad con una severidad superior a la media, pero ha enfermado gravemente un menor porcentaje de su población, e manera que el impacto es inferior a la media.

**Gráfico 7. Severidad vs impacto del COVID-19 en las comunidades autónomas. 20 de abril**  
(España = 100)

a) Severidad (abscisas) e impacto bruto (ordenadas)



b) Severidad (abscisas) e impacto neto (ordenadas)



Fuente: Ministerio de Sanidad e Ivie.

## ANEXO 1: Evaluación de la severidad

Para comparar la severidad con que la pandemia está afectando a diferentes poblaciones, consideramos la situación relativa de los individuos gravemente afectados a lo largo del tiempo o entre distintas sociedades. Los individuos afectados de gravedad se distribuyen entre diferentes situaciones, ordenadas de peor a mejor: *fallecidos, hospitalizados en UCI, hospitalizados no en UCI y curados*. Para cada sociedad, o para una sociedad en diferentes momentos del tiempo, el resumen de la situación de los afectados graves viene dado por la distribución de dichos afectados en las cuatro categorías mencionadas. Comparar la severidad supone comparar estas distribuciones.

Idealmente querríamos disponer de un indicador numérico que permitiera realizar comparaciones cuantitativas entre las distribuciones mencionadas. Ello requiere el diseño de un índice agregado que, por regla general, adopta la estructura de un promedio ponderado o una media generalizada de los valores que miden la incidencia en cada tipo de situación (contagiados, hospitalizados, curados, fallecidos, etc.). Para ello necesitamos asignar pesos a cada una de estas situaciones, es decir, decidir aspectos como cuánto valoramos el fallecimiento de una persona frente a la curación de otra. Nuestras conclusiones sobre la evolución general de la crisis dependerían entonces de este tipo ponderaciones, extremadamente difíciles de determinar por motivos tanto técnicos como éticos.

Existe un procedimiento de valoración alternativo que no requiere establecer este tipo de ponderaciones para las variables que componen el indicador (ver Herrero y Villar 2013, 2018). Este procedimiento aprovecha el hecho de que los diferentes estados de salud de la población afectada pueden ser *ordenados* y confronta las distribuciones de la población entre estas categorías ordenadas sin tener que poner pesos a estas categorías. En su lugar, lo que hace es comparar la probabilidad de que un individuo extraído al azar de una población esté en peor situación que un individuo de otra población, también extraído al azar. Es como si estuviéramos haciendo una especie de “torneo”

repetido en el que confrontamos individuos extraídos al azar de diferentes poblaciones y comparamos su estado de salud. Un individuo de una población “gana” a un individuo de otra población cuando su estado de salud es peor. Claramente, cuanto mayor sea la proporción de individuos con peor estado de salud en un determinado grupo humano, más veces ganará ese grupo en estos torneos repetidos. De modo que cuando hacemos estas comparaciones muchas veces (infinitas veces, en realidad), podemos calcular el número promedio de ocasiones en las que resultan ganadores los individuos de cada sociedad.<sup>8</sup> Esta cifra proporciona una buena medida de cómo está una sociedad con respecto a las otras en cuanto a la salud de la población afectada.

Formalmente, sea un conjunto de poblaciones,  $G = \{1, 2, \dots, g\}$  cuyos resultados vienen descritos por distribuciones sobre un conjunto ordenado de niveles o categorías,  $c = 1, 2, \dots, C$ , ordenadas de peor a mejor. Los resultados de la sociedad  $h$  vienen descritos pues por un vector  $\mathbf{a}(h) = (a_{h1}, a_{h2}, \dots, a_{hC})$ , donde  $a_{hc}$  es la fracción de individuos de la población  $h$  que pertenecen a la categoría  $c$  (consecuentemente,  $a_{hc} > 0, \sum_{c=1}^C a_{hc} = 1$  para todo  $h$ ).

Sea  $p_{hk}$  la probabilidad de que un individuo de la población  $h$  pertenezca a una categoría peor que un individuo de la población  $k$ . Como las categorías están ordenadas de peor a mejor, esta probabilidad se calcula del siguiente modo:

$$p_{hk} = a_{h1}(a_{k2} + \dots + a_{kC}) + a_{h2}(a_{k3} + \dots + a_{kC}) + \dots + a_{h(C-1)}a_{kC}$$

Sea  $e_{hk} = e_{kh}$  la probabilidad de que ambos individuos pertenezcan a la misma categoría. Definimos  $q_{hk} = p_{hk} + \frac{1}{2}e_{hk}$

El torneo definido anteriormente define un proceso de Markov, dado por la matriz

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} R_1 & \dots & q_{1g} \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{g1} & \dots & R_g \end{pmatrix}$$

<sup>8</sup> En el caso en que los dos individuos estén en la misma situación, se elige uno de ellos como ganador con probabilidad  $\frac{1}{2}$ .

donde los elementos de la diagonal principal son de la forma

$$R_h = (g - 1) - \sum_{h \neq k} q_{kh}$$

y los elementos fuera de la diagonal principal son simplemente las probabilidades  $q_{hk}$ . Las componentes del autovector dominante  $w = (w_1, \dots, w_g)$ , de la matriz P pueden interpretarse como el tiempo medio en que cada sociedad es la ganadora en el proceso, lo que, en nuestro caso, da una medida de la severidad relativa de las sociedades. El vector  $w$  se llama **balanced worth** (Herrero & Villar, 2018), y podemos garantizar que existe siempre, es positivo y genéricamente único, excepto por la elección de unidades (dado que tiene un grado de libertad).

Una interpretación alternativa de  $w$  se obtiene como sigue. Si queremos comparar la situación relativa de dos sociedades,  $h$  y  $k$ , aplicamos el siguiente principio: hacemos la evaluación proporcional a la probabilidad de obtener peores resultados. Es decir, si llamamos  $w_h, w_k$  a las evaluaciones correspondientes, haremos:

$$\frac{w_h}{w_k} = \frac{q_{hk}}{q_{kh}}$$

es decir,

$$w_h = \frac{q_{hk}}{q_{kh}} w_k$$

El numerador de esta expresión puede interpretarse como la ventaja relativa de  $h$  sobre  $k$  y el denominador como la desventaja relativa.

Cuando hay más de dos poblaciones, podemos extender este principio tomando valores esperados. Es decir,

$$w_h = \frac{\sum_{k \neq h} q_{hk} w_k}{\sum_{k \neq h} q_{kh}}$$

Con el mismo significado de antes, ahora relativo a todas las demás poblaciones.

En cuanto a la complejidad de los cálculos a realizar, conviene señalar que el coste computacional

es muy bajo y cualquiera puede replicarlos o hacer estimaciones propias de aspectos concretos. Ello es así porque técnicos del Ivie han desarrollado un algoritmo que realiza todos los cálculos on-line de forma gratuita y sencilla. Por lo tanto, podemos analizar la evolución general de la enfermedad con la frecuencia deseada (por días, semanas, etc.). El algoritmo se encuentra en la página web del Ivie ([acceso](#)).

**Observación:** *Esta es una aproximación que es posible realizar en muchos problemas de valoración en ámbitos muy diversos. En particular, es similar a la que utiliza Google para ordenar las páginas web cuando se busca alguna información; o el principio que está detrás del Eigenfactor, que se utiliza para clasificar las revistas científicas con criterios que van más allá de los factores de impacto.*

## ANEXO 2: Un ejemplo

Vamos a describir esta propuesta de evaluación a partir de un ejemplo sencillo, para facilitar la comprensión de su naturaleza y funcionamiento.

Tomamos como referencia la situación de una comunidad autónoma, Andalucía, en dos momentos del tiempo, el 19 de marzo y el 14 de abril de 2020. La Tabla 1 describe la información primaria de los tres días en torno a esas dos fechas (afectados graves distribuidos en los diferentes estados de salud, junto a la población total).

A partir de aquí calculamos los valores promedio de los días 18, 19 y 20 de marzo, por una parte, y los de 13, 14 y 15 de abril, por otra. El primer promedio lo asignamos al día 19 de marzo y el segundo al día 14 de abril. Son los datos de la Tabla 2.

Dividiendo esas cifras por el total de casos graves obtenemos a tabla de frecuencias relativas de los estados de salud de los afectados graves, como se refleja en la Tabla 3.

Introduciendo estas proporciones en la página web del Ivie antes indicada obtenemos el *balanced worth*, que es la medida de severidad (que normalizamos haciendo el día 19 de marzo igual a 100). La Tabla 4 da los datos tal y como se obtienen de la aplicación (BW) y normalizados (Severidad).

Presentamos finalmente, Tabla 5, los datos del alcance (bruto y neto) y los índices de impacto bruto y neto. El alcance bruto es la ratio entre casos graves y población total y el neto el de casos graves menos curados población total (con los datos de la Tabla 2). El índice de impacto se obtiene multiplicando la severidad por el alcance y re-normalizando a 100 el valor del día 19 de marzo.

Tabla 1. Distribución de afectados por el COVID-19 por estados de salud en Andalucía en las fechas indicadas

Severidad	Fallecidos	UCI	Hospitalizados No UCI	Curados	Casos graves	Población Total
18/3/2020	23	25	359	33	440	8.414.240
19/3/2020	30	38	463	36	567	8.414.240
20/3/2020	40	53	552	36	681	8.414.240
13/4/2020	836	631	4.423	2.032	7.922	8.414.240
14/4/2020	865	665	4.482	2.224	8.236	8.414.240
15/4/2020	912	671	4.555	2.634	8.772	8.414.240

Tabla 2. Distribución de afectados por el COVID-19 por estados de salud en Andalucía en los días 19 de marzo y 14 de abril (medias móviles de tres días centradas)

	Fallecidos	UCI	Hospitalizados No UCI	Curados	Casos graves	Población Total
19/3/2020	31	39	458	35	563	8.414.240
14/4/2020	871	656	4.487	2297	8.310	8.414.240

**Tabla 3. Distribución de los afectados graves de Andalucía en las fechas señaladas**

	Fallecidos	UCI	Hospitalizados no UCI	Curados
19/3/2020	0,05463998	0,06722144	0,81435342	0,06378517
14/4/2020	0,10484093	0,07896269	0,54059355	0,27560283

**Tabla 4. *Balanced worth* y Severidad (Andalucía)**

	BW	Severidad
19/3/2020	1,1253	100
14/4/2020	0,8747	77,73

**Tabla 5: Alcance e índices de impacto (bruto y neto)**

	Alcance bruto	Alcance neto	Índice de impacto bruto	Índice de impacto neto
19/3/2020	6,69	6,27	100	100
14/4/2020	98,76	71,47	1148	886

## REFERENCIAS

- Berman A, Plemmons RJ. **Nonnegative matrices in the mathematical sciences**. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1994.
- Brin S, Page L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN systems* 1998; **30**: 107–117
- European Centre for Disease Prevention and Control. Strategies for the surveillance of COVID-19. Stockholm: ECDC; 2020.  
<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-surveillance-strategy-9-Apr-2020.pdf>
- Flaxman, S. et al. Estimating the number of infections and the impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries, Imperial College COVID-19 Response Team, March 30, 2020.
- García-Basteiro AL et al. Monitoring the COVID-19 epidemic in the context of widespread local transmission, *Lancet Respir Med*, published online, April 2, 2020, [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30162-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30162-4)
- Herrero C, Villar A. On the Comparison of Group Performance with Categorical Data. *PLoS ONE* 2013; **8** (12): e84784.
- Herrero C, Villar A. The Balanced Worth: A procedure to evaluate performance in terms of ordered attributes, *Social Indicators Research* 2018; **140**: 1279–1300.
- Herrero C, Villar A. A synthetic indicator on the impact of COVID-19 on community's health, mimeo, 2020.
- Lipsitch M, Swerdlow D, Finelli L. Defining the Epidemiology of COVID-19 — Studies Needed, *New England Journal of Medicine* 2020; **382**: 1194–1196, DOI: 10.1056/NEJMp2002125.
- Reed C, Biggerstaff M, Finelli L et al. (2013), Novel framework for assessing the epidemiologic effect of influenza epidemics and pandemics, *Emerg Infect Dis* 2013; **19**: 85–91.
- Ribas Freitas AR, Napimoga M, Donalizio MR. Assessing the severity of COVID-19, Opinion Article, *Epidemiol. Serv. Saúde* 2020; **29** (2) <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000200008>.
- U.S. Department of Health and Human Services. Office of the Assistant Secretary for Preparedness H. Pandemic influenza plan - update IV (December 2017). Washington, D.C.: U.S. Department of Health and Human Services; 2017. Available from: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/pdf/pan-flu-report-2017v2.pdf>
- West JD, Bergstrom TC, Bergstrom CT. The Eigenfactor™ Metrics: A network approach to assessing scholarly journals, *College and Research Libraries* 2010; **71**: 236–244
- World Health Organization. Pandemic Influenza Severity Assessment (PISA): A WHO guide to assess the severity of influenza epidemics and pandemics. Geneva: WHO; 2017.  
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259392/WHO-WHE-IHM-GIP-2017.2-eng.pdf;jsessionid=614D77C9474EFF4ECBE33EE0886261D8?sequence=1>

