



Covid-19 en España durante 2021

JOSÉ E. BOSCA

JOSÉ CANO

JAVIER FERRI

Documento de Trabajo 2022/01

Enero de 2022

fedea

*Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores
y no coinciden necesariamente con las de Fedea.*

Covid-19 en España durante 2021^(*)

José E. Boscá^{a,b}, José Cano^a y Javier Ferri^{a,b}

a. Universidad de Valencia

b. Fedea

Enero, 2022

Resumen

En este trabajo evaluamos la situación actual de la epidemia en España, en el contexto de su evolución en el último año. En primer lugar, medimos la tendencia en la presión hospitalaria y en las unidades de cuidados intensivos. Segundo, ofrecemos una imagen de los contagios corregidos de acuerdo a su capacidad de generar enfermedad grave y presión hospitalaria. Tercero, estimamos la presión de la última ola sobre la asistencia primaria en términos del incremento en el personal sanitario requerido para mantener constante al nivel pre-pandemia el volumen de trabajo por empleado. En cuarto lugar, estimamos el efecto de la vacunación en la reducción de los contagios, las hospitalizaciones, los ingresos en UCIs y las defunciones. Relacionado con el efecto de las vacunas, evaluamos el coste en términos sanitarios de los antivacunas durante la sexta ola. También comparamos lo que habría sido la incidencia sanitaria de la Covid si toda la población hubiera estado vacunada, con la incidencia causada por las últimas temporadas de gripe. El documento finaliza con unas recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, que podrían ayudar a reducir la incidencia del virus sobre los centros de atención primaria del sistema de salud español.

⁰ (*) Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PID2020-116242RB-I00 del Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033) y por la ayuda de la Generalitat Valenciana GVPROMETEO2020-083. José E. Boscá y Javier Ferri agradecen la financiación de la Fundación Rafael del Pino y del BBVA Research.

1. Introducción

La crisis sanitaria desatada por el coronavirus Covid-19 ha evolucionado durante los dos años transcurridos desde su detección. Las distintas medidas sanitarias que se han tomado han tratado de influir en dicha evolución, a la vez que se han ido adaptando a la misma. Sin embargo, todavía muchos de los mensajes que se transmiten a la población, desde las autoridades sanitarias, los gobiernos central y regionales, y los medios de comunicación, resultan contradictorios. Un factor que no contribuye a reducir la incertidumbre es la diferencia entre la información que se transmite casi en tiempo real, y la información publicada después de pasar un proceso de depuración. Si la información que le llega en el día a día a la población fuera diferente de la información corregida que termina publicándose después de pasar ciertos filtros al cabo del tiempo (llamémosle, para simplificar, 'información depurada'), es posible que la reacción de los agentes no fuera la que óptimamente se habría producido desde la óptica de la información más veraz. Esta divergencia entre el comportamiento efectivo y el comportamiento óptimo bajo información depurada será mayor cuanto mayor sea la divergencia entre ambas fuentes de información. En esta nota, presentamos evidencia de que la información publicada por el Ministerio de Sanidad en sus boletines diarios en formato PDF, y la información corregida de los datos abiertos de capacidad asistencial del Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias, puede llegar a presentar, dependiendo del periodo, diferencias notables.

Por otra parte, el contenido informativo de los datos de nuevos contagios ha ido variando en el tiempo. Pese a tratarse de un dato relevante, el crecimiento de nuevos contagios es en principio menos preocupante si va acompañado de un crecimiento cada vez menor en el número de hospitalizaciones o de pacientes ingresados en las UCIs. En este trabajo también documentamos cómo ha variado la relación entre hospitalizaciones en planta y en UCIs en relación a los contagios reportados, y utilizamos esta información para ofrecer una panorámica de las distintas olas en términos de *contagios generadores de presión hospitalaria y presión UCI*.

La sexta ola (la última hasta la fecha) ha supuesto un aumento exponencial, como nunca se ha reportado desde el inicio de la pandemia, en el número de contagios, provocando un acusado aumento en la asistencia a los centros de atención primaria. La visita a estos centros ha estado mayoritariamente aparejada a la solicitud de pruebas de diagnóstico de la Covid. Utilizando la información sobre el número de pruebas realizadas, en otro de los ejercicios mostrados, realizamos un sencillo cálculo aritmético para poner en contexto el sobreesfuerzo de la presión en los centros de atención primaria. En particular, ofrecemos como métrica el aumento relativo en la plantilla de personal sanitario requerido para que el volumen de trabajo por empleado se mantuviera constante en el tiempo.

Las vacunas se han presentado como un remedio eficaz en la lucha contra la enfer-

medad. Sin embargo, resulta llamativo a este respecto, la falta de información coherente con las series de datos oficiales. Utilizando fuentes oficiales sobre la evolución de la pandemia, en esta nota evaluamos la importancia de la vacunación en la reducción de los contagios, las hospitalizaciones, los ingresos en UCIs y las defunciones. También nos preguntamos si se observa alguna relación entre las vacunas y la duración media de las estancias en los hospitales. Relacionado con el efecto de las vacunas, y bajo el supuesto de que la inmensa mayoría de los no vacunados cuando se inició la sexta ola lo estaban por una decisión voluntaria (a los que podemos llamar, para simplificar, antivacunas), evaluamos el coste en términos sanitarios de los antivacunas. Por último comparamos la incidencia del coronavirus sobre las hospitalizaciones y defunciones de una población completamente vacunada con la de una temporada típica de la gripe estacional, bajo el supuesto de que toda la población española hubiera estado vacunada desde la primera semana de abril.

La organización de este documento es la siguiente: en la sección (2) se presentan las discrepancias entre la información publicada diariamente en boletines y la información posteriormente depurada; en la (3) se caracterizan las olas de contagios y la presión hospitalaria durante el año 2021; en la (5) se calculan los contagios bajo el supuesto de que tienen a lo largo del año la misma capacidad de generar ingresos hospitalarios y en UCIs; en la (6) se realiza una sencilla estimación de la presión sobre los centros de atención primaria, medida como el personal que haría falta contratar para mantener la carga de trabajo de los empleados al nivel pre-pandemia; en la (7) se estima el efecto de las vacunas y se realizan distintos ejercicios contrafactuales; en la sección (8) se ofrecen algunas propuestas para reducir las consecuencias del virus sobre los centros de atención primaria y hospitalaria del sistema de salud español. En la última sección se presentan las principales conclusiones.

2. Datos Covid en España: discrepancias entre fuentes de datos

Los boletines de actualizaciones diarias del Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias en formato PDF (en adelante 'Boletines' para abreviar) proporcionan información diaria sobre los nuevos contagios, hospitalizaciones y defunciones. Esta es la información que se transmite básicamente a la población a través de los medios de comunicación. Por otra parte, en los datos abiertos de capacidad asistencial del mismo Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (en adelante 'Datos Abiertos') se ofrece esta misma información por provincias, en formato electrónico y con una frecuencia también diaria. Esta base de datos va sufriendo modificaciones en el tiempo debidas a un proceso de depuración de los datos. La diferencia que encontramos conforme transcurre el tiempo entre ambas fuentes de datos puede considerarse una medida de los errores de información que le llegan a los agentes en tiempo real.

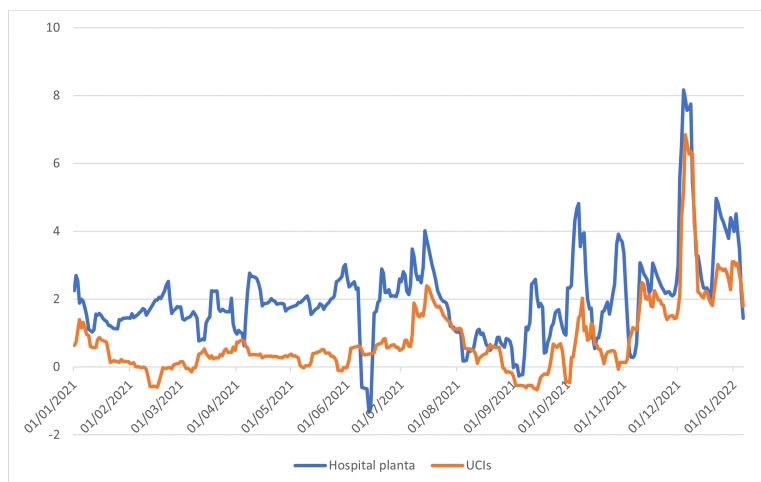


Gráfico 1: Diferencias (en %) entre Boletines y Datos abiertos

El Gráfico 1 representa la diferencia relativa, en tantos por cien, entre los datos de los Boletines y los Datos Abiertos, en relación a las hospitalizaciones en planta y a los ingresados en UCIs. Puede observarse que, en general, los datos diarios publicados en los Boletines sobrestiman un 2 por cien de media los pacientes ingresados en planta por Covid, aunque existe mucha volatilidad en esta diferencia, alcanzándose en el mes de diciembre diferencias medias superiores al 4 por cien, y que en algunos días han sobrepasado el 8 por cien. Aunque las diferencias en la información relativa a ingresados en unidades UCI es algo mejor, lo cierto es que durante el mes de diciembre los boletines diarios han sobrestimado en más de un 3 por cien de media los ingresados reales, llegando a alcanzar errores superiores al 6 por cien durante las dos primeras semanas del mes. Por ello, siempre que ha sido posible hemos utilizado los Datos abiertos del Ministerio de Sanidad.

Por otra parte, para abordar algunos de los aspectos tratados en este estudio, hemos necesitado recurrir a información desagregada por edades procedente de los casos notificados confirmados a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica a través de SiVies (RENAVE, en adelante). Estos datos ofrece diariamente el número de contagios, hospitalizados, admisiones en UCI y defunciones por sexo, provincias y grupos de edad. Lamentablemente, entre las series de Datos Abiertos y las de RENAVE existen diferencias en nivel considerables¹.

¹ Según RENAVE, la explicación de estas diferencias se debe a que los Datos Abiertos de capacidad asistencial son los que notifica cada hospital como nuevos ingresos en cama COVID-19, que incluye los hospitalizados con COVID, por COVID, o incluso sospechosos COVID que luego no se confirman. Esto hace que sistemáticamente la cifra sea superior a la del número de ingresados en los datos de vigilancia epidemiológica (RENAVE), donde

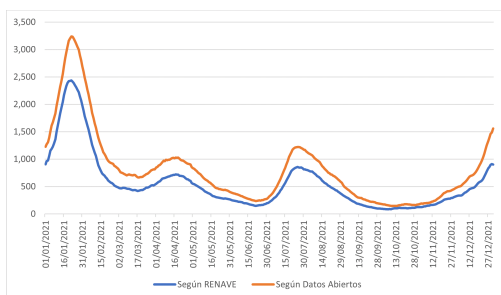


Gráfico 2: Diferencias en hospitalizaciones: Datos Abiertos y RENAVE

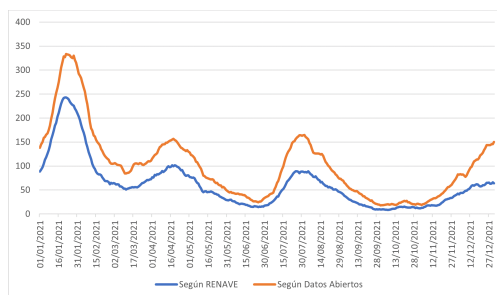


Gráfico 3: Diferencias en ingresos UCI: Datos Abiertos y RENAVE

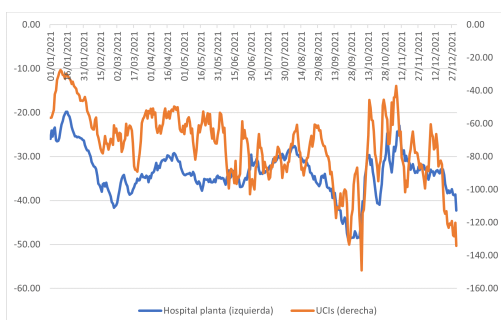


Gráfico 4: Diferencias (%) en hospitalizaciones e ingresos UCI entre Datos Abiertos y RENAVE

En los Gráficos 2 a 4 se representa la evolución diaria en los ingresos en hospitales y en UCIs con ambas series, así como las diferencias entre ambas, en tantos por cien. Como puede observarse, aunque el perfil de las series obtenido con datos de ambas fuentes es muy parecido, RENAVE infraestima (o Datos Abiertos sobrestima) la incidencia sanitaria de la epidemia. En términos relativos dichas diferencias, en media, son del 31% para las hospitalizaciones, y del 63% para las UCI.

3. Las olas de contagios y la presión hospitalaria

El Gráfico 5 recoge la evolución en el tiempo de los nuevos casos diarios de Covid detectados durante 2021. El año empezó a mitad de la tercera ola, que se inició a principios de diciembre de 2020. Existe una cuarta ola, muy suave, que arranca en marzo. La quinta ola, más intensa en términos de contagios, comienza a finales de junio. La sexta y última ola, en la que estamos inmersos, no tiene parangón con ninguna de las anteriores, ni en el número de contagios confirmados, ni en la velocidad de crecimiento de los mismos, ni en el tiempo transcurrido desde que se inició la ola. En la primera parte de la ola, el crecimiento de los

en teoría los ingresos son por COVID-19, se excluyen los ingresados con COVID-19 e incluye únicamente los casos confirmados

contagios estuvo básicamente guiado por la variante *delta* del coronavirus, sobre la que solapó la nueva variante *omicron*, que se detecta en el gráfico por la aceleración en la tasa de contagios en las últimas semanas del año.

El Gráfico 6 y Gráfico 7 ofrece el porcentaje de camas ocupadas por enfermos de Covid en las plantas de hospitales y en las UCIs. Existe un decalaje de aproximadamente 10 días entre el crecimiento de los contagios y el crecimiento de la presión hospitalaria en planta, y entre 15 y 20 días entre contagios y presión en UCIs. Por otra parte, como se observa en la línea de tendencia ajustada, la evolución tanto de la presión sobre hospitalizaciones en planta como sobre UCIs ha sido claramente descendente a lo largo del año 2021. A final de año, el porcentaje de camas en planta ocupadas en España era de aproximadamente el 9 por cien, muy inferior al 22 por cien alcanzado en la tercera ola, con tres veces más de contagios diarios confirmados, que en el pico de la tercera ola. Por su parte, la presión agregada sobre las UCIs se sitúa alrededor del 20 por cien, lejos del 44 por cien alcanzado durante la tercera ola, antes de que la población hubiera recibido la pauta completa de vacunación. No es de extrañar la evolución diaria de las defunciones que muestra el Gráfico 8, que a final de 2021 se situaba en algo menos de 120 personas, una cifra notable pero seis veces inferior al pico de defunciones producido a principios de febrero de ese año².

4. La duración media de los ingresos en los centros hospitalarios

Los Gráficos 9 a 11 muestran la duración media de un ingreso en planta hospitalaria y en UCIs distinguiendo, dentro de estas últimas, entre aquellos ingresos que han requerido respirador y las que no. Para estimar la duración se ha supuesto que la probabilidad de abandonar el centro hospitalario (o UCI) que existía cuando el enfermo ingresó en el hospital (o UCI) se va a mantener constante durante el tiempo de su estancia. A su vez, la probabilidad de abandonar la unidad asistencial (planta de hospital o UCI) está determinada en el día del ingreso por la suma de altas hospitalarias y defunciones dividida por el número de personas ingresadas ese día. Con estos supuestos, la duración estimada del ingreso es la inversa de dicha probabilidad.

Lo que se observa es que las series presentan importantes variaciones a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la estancia media en UCIs sin respirador fluctuó durante el año 2021 entre los 12 días en el primer mes del año, y los 7 días de los meses de verano. La existencia de estas oscilaciones en la duración del ingreso es compatible con una tendencia relativamente constante en el conjunto del año (línea discontinua). De acuerdo con esta

² Los datos de defunciones diarias se han obtenido a partir de los Boletines diarios.

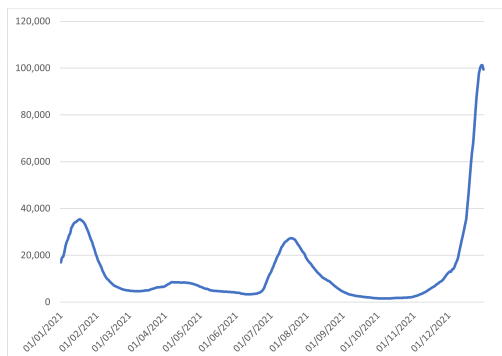


Gráfico 5: Las olas de contagios durante 2021

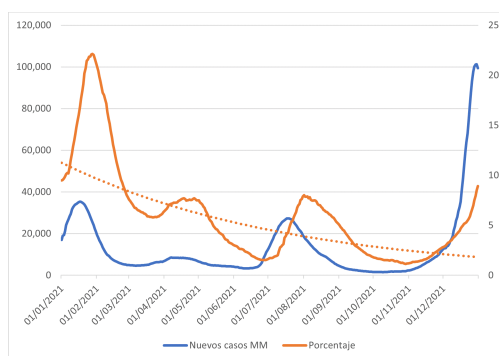


Gráfico 6: Contagios confirmados (eje izquierda) y porcentaje de camas ocupadas en hospitales por enfermos Covid (derecha)

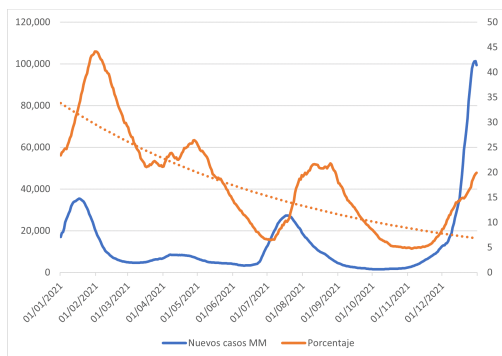


Gráfico 7: Contagios confirmados (eje izquierda) y porcentaje de camas ocupadas en UCIs por enfermos Covid (derecha)

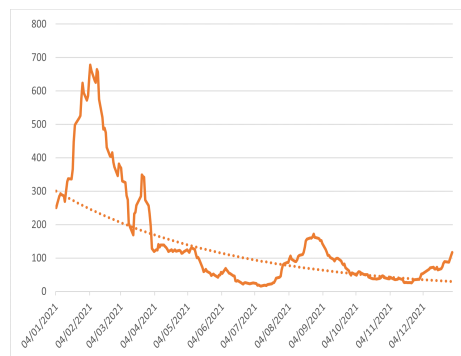


Gráfico 8: Defunciones por enfermedad Covid

tendencia, la duración media de la estancia en planta hospitalaria sería de poco menos de ocho días, sólo un día inferior que la duración media de la estancia en UCIs sin respirador. Sin embargo, la exigencia de respirador incrementa considerablemente la duración del ingreso en UCI hasta los 23 días de media.

5. Series homogéneas de contagios corregidas por la gravedad de la enfermedad

Un aspecto de gran importancia, que permite caracterizar la evolución en la gravedad de la enfermedad, es el potencial que presenta en cada periodo el coronavirus de que los contagiados terminen precisando de cuidados hospitalarios o de ingresos en las unidades de cuidados intensivos. Para captar este factor dividimos el número de nuevos ingresos en hospitales, entre el número de nuevos contagios 10 días antes, suponiendo ese decalaje entre la detección de la infección y el ingreso en el hospital, que como ya hemos visto

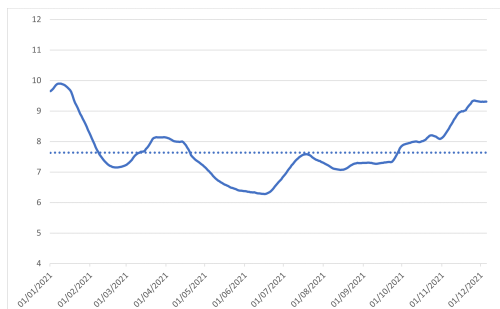


Gráfico 9: Duración media (días) ingresos en hospitales

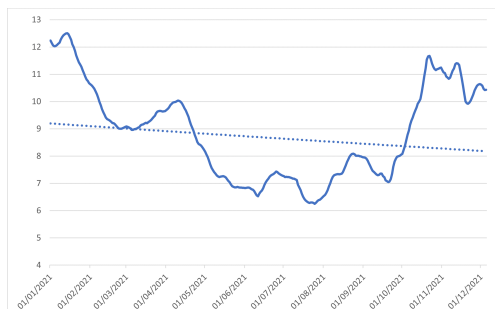


Gráfico 10: Duración media (días) ingresos en UCIs sin respirador

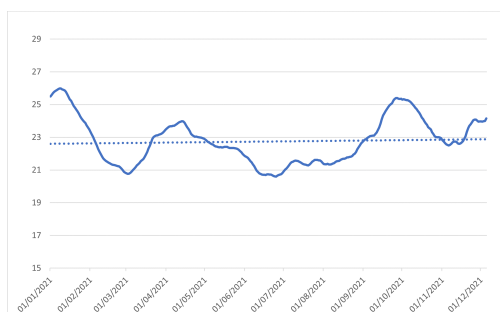


Gráfico 11: Duración media (días) ingresos en UCIs con respirador

es consistente con la evidencia que presentamos anteriormente. Los resultados pueden consultarse en el Gráfico 12. El ejercicio se repite para los ingresos en UCI, pero esta vez suponiendo un desfase de 15 días (Gráfico 13). En ambos casos se observa una acusada tendencia decreciente, con una importante caída durante el mes de diciembre, en plena ola de contagios de la variante *omicron*.

El potencial del virus de generar ingresos hospitalarios y en UCIs alcanzó su máximo a finales de marzo y principios de abril, coincidiendo con la fase creciente de la cuarta ola. En cambio, los ingresos hospitalarios por contagiado, tanto en planta como UCIs, se sitúan en valores mínimos a finales de año. En efecto, los ingresos en planta (UCIs) por 1000 contagios han pasado de 79 (13) personas durante la cuarta ola, a 10 (1,3) personas durante la sexta ola, es decir, la capacidad del virus de generar ingresos hospitalarios en planta (UCIs) se ha reducido desde el máximo del año a una octava (décima) parte.

Documentado este hecho, en el Gráfico 14 nos preguntamos cuál habría sido el perfil de las olas de contagios, si los contagios en las distintas olas habidas durante el 2021 hubieran generado exactamente el mismo número de ingresos hospitalarios en planta y UCIs por 1000 contagiados.

Para ello, fechamos el inicio de cada ola y calculamos el tiempo transcurrido desde



Gráfico 12: Ingresos en hospital por 1000 contagios

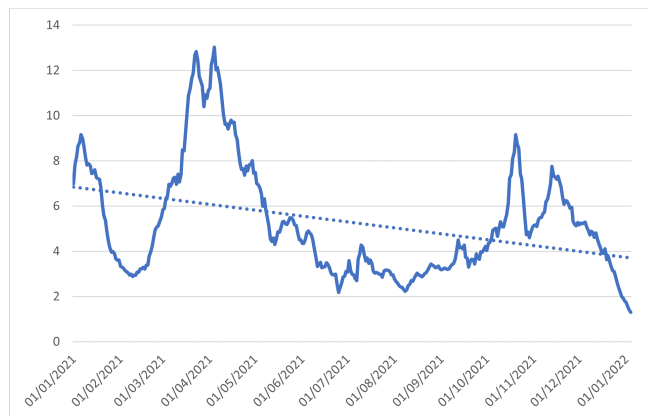


Gráfico 13: Ingresos en UCIs por 1000 contagios

el inicio hasta el pico de cada ola. Llamemos T_k a dicho periodo, donde k hace referencia a la ola en concreto ($k = 3, 4, 5, 6$). Entonces calculamos el acumulado de contagios durante ese tiempo,

$$ZA_{T_k} = \sum_{t \in T_k} Z_t \quad (1)$$

donde Z_t hace referencia a los nuevos contagios en t y CA_{T_k} a los contagios acumulados durante el principio y el pico de la ola k .

A su vez, también obtenemos el acumulado de ingresos en planta de hospitales correspondientes,

$$IHA_{T_k} = \sum_{t \in T_k} IH_{t+10} \quad (2)$$

donde IH_{t+10} hace referencia a los nuevos ingresos en planta en $t + 10$ y IHA_{T_k} a los ingresos en planta acumulados durante el principio y el pico de la ola k , con un desfase de 10 días.

El equivalente a la expresión anterior para los ingresos en las unidades de cuidados intensivos es la siguiente:

$$IUA_{T_k} = \sum_{t \in T_k} IU_{t+15} \quad (3)$$

donde IU_{t+15} hace referencia a los nuevos ingresos en UCIs en $t + 15$ y IUA_{T_k} a los ingresos en planta acumulados durante el principio y el pico de la ola k , con un desfase de 15 días.

A partir de las expresiones anteriores puede obtenerse un factor de ingresos medios hospitalarios (en planta y UCIs) por contagiado en el ciclo k

$$f_k^H = \frac{IHA_{T_k}}{ZA_{T_k}} \text{ para } k = 3, 4, 5, 6$$

$$f_k^U = \frac{IUA_{T_k}}{ZA_{T_k}} \text{ para } k = 3, 4, 5, 6$$

Una vez identificado el factor de mayor valor de entre los anteriores (llamémosles $f_{k^*}^H$ y $f_{k^*}^U$), se puede obtener los factores de corrección

$$s_k^H = \frac{f_k^H}{f_{k^*}^H} \text{ para } k = 3, 4, 5, 6$$

$$s_k^U = \frac{f_k^U}{f_{k^*}^U} \text{ para } k = 3, 4, 5, 6$$

que se utilizan para obtener los Contagios Generadores de iguales Ingresos Hospitalarios (CGIH) y los Contagios Generadores de iguales Ingresos UCIs (CGIU), cuyos resultados se muestran en el Gráfico 14. Dado que, como ya hemos visto, los contagios que más capacidad tuvieron de generar ingresos en hospitales y UCIs se produjeron en la cuarta ola ($k^* = 4$), es en las tres olas restantes en las que se produciría un aplanamiento de las curvas de contagiados. Las líneas naranja y verde del Gráfico 14 se interpretan, por lo tanto, como el perfil que habrían tenido las olas de contagios, si todas los contagios en todas ellas hubieran sido tan generadores de ingresos hospitalarios como los ocurridos durante la cuarta ola.

Los contagios generadores de ingresos hospitalarios y UCIs, dividen por un factor mayor que 6 la serie observada de contagios durante la sexta ola. Desde esta perspectiva,

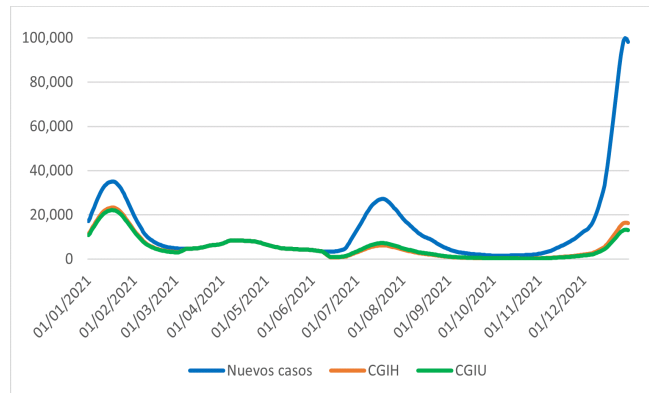


Gráfico 14: CGIH y CGIU

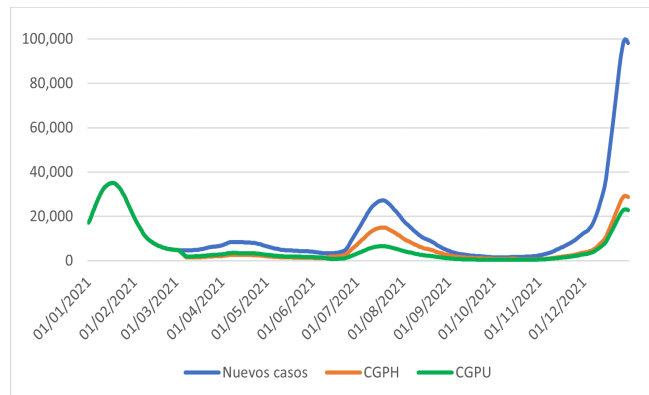


Gráfico 15: CGPH y CGPU

a finales del año 2021, los CGIH serían aproximadamente 16 mil, y los CGIU aproximadamente 13 mil, muy por debajo todavía del pico de los 22 mil CGIH y CGIU de la tercera ola.

El Gráfico 15 representa una corrección alternativa en la que, en lugar de utilizar el acumulado de nuevos ingresos, se emplea la diferencia durante el periodo T_k entre el total de enfermos hospitalizados en el pico y en el inicio de la ola (con un desfase de 10 días en el caso de hospitalizados y 15 días en el caso de ingresados en UCIs). Dicho de otro modo, la única que hacemos es sustituir las expresiones (2) y (3) por las siguientes expresiones

$$VH_{T_k} = H_{t_p+10} - H_{t_i+10} \quad (4)$$

$$VU_{T_k} = U_{t_p+15} - U_{t_i+15} \quad (5)$$

donde H_{t_p+10} y H_{t_i+10} representan, respectivamente, el stock de hospitalizados en el pico y en el inicio de la ola (con un desfase de 10 días), y VH_{T_k} es la variación en el stock de hospitalizados durante el periodo de crecimiento de los contagios de la ola k (con un decalaje de 10 días). La misma interpretación aplica a la variación de ingresados en las UCIs, VU_{T_k} .

Esta corrección capta mejor el impacto de los contagios sobre la presión hospitalaria, al considerar también los flujos de salida de los hospitales. Por eso, llamamos a las series corregidas de este modo Contagios Generadores de igual Presión Hospitalaria (CGPH) y Contagios Generadores de igual Presión UCI (CGPU).

Como ya hemos indicado anteriormente, la mayor duración de las estancias hospitalarias en planta y en UCIs se produce durante la tercera ola, por lo que los contagios que más capacidad tuvieron de generar presión sobre hospitales y UCIs se produjeron durante esta ola ($k^* = 3$).

Las conclusiones que se obtienen con esta corrección son similares. Basado en el principio de contagios que generen la misma presión hospitalaria o sobre UCIs durante todo año 2021, los contagios detectados durante la sexta ola deberían reducirse por un factor de entre 3,6 y 4,5. Así pues, a finales del año 2021, los CGPH serían aproximadamente 29 mil, y los CGPU aproximadamente 23 mil, por debajo todavía del pico de los 36 mil CGPH y CGPU de la tercera ola.

6. La presión sobre la asistencia primaria en la sexta ola

El rapidísimo incremento en los contagios detectados durante la sexta ola ha provocado un aumento en las visitas a los centros de atención primaria. En esta sección ofrecemos una métrica para cuantificar la presión que ha supuesto la sexta ola de contagios sobre estos centros. Nuestra aproximación puede considerarse un sencillo cálculo *back-of-the-envelope*, y se asienta en dos principios: *homogeneidad* y *prudencia*.

En su versión más estricta el principio de prudencia significaría que los contagios se distribuyen homogéneamente entre los distritos adscritos a los distintos centros de atención primaria en función del tamaño del centro; en una versión menos estricta, este principio implicaría que los recursos humanos del sistema nacional de salud se asignan eficientemente en el tiempo y en el espacio entre todo el territorio español. Cuanto más desigual sea la situación sanitaria, en términos de contagios, entre los distintos distritos sanitarios del conjunto nacional, y cuanto mayor sean las restricciones en la reasignación de recursos entre distritos, mayor será la desviación del coste con respecto al reportado en

nuestro ejercicio³.

Bajo el principio de prudencia, preferimos realizar supuestos que tiendan a situarse en el límite superior del coste que la sexta ola puede imponer a los centros de atención primaria. Así, por ejemplo, consideramos que todas las visitas que terminan con test de diagnóstico Covid se han producido en los centros de atención primaria y en la sanidad pública. Incluimos, por lo tanto, dentro de éstos, los enfermos Covid que son diagnosticados en hospitales público o privados y en centros privados de atención primaria.

Asimismo, suponemos que toda la gestión de altas y bajas se lleva también en los centros de atención primaria del sector público, y que todos los contagiados diagnosticados van a requerir la obtención de la baja y del alta médica. Se trata de nuevo de un límite superior del coste en recursos implicado por la sexta ola, pues en la realidad muchos de los contagios son niños, desempleados y población inactiva, que no precisan de bajas laborales.

Por otra parte, en nuestros cálculos subyace el supuesto prudente de que la epidemia de coronavirus no ha afectado al número de contagios por otras enfermedades. Por ejemplo, consideramos que los contagios por gripe estacional se mantienen dentro de los valores normales de los años pre pandemia, es decir, no existe reducción en la presión sobre los centros de salud por este motivo.

El principio de prudencia está presente también en los tiempos asignados a las distintas actividades realizadas en los centros de atención primaria relacionadas con los nuevos contagios. De entre estas actividades distinguimos dos grupos: aquellas relacionadas con el diagnóstico de la enfermedad, y las relacionadas con la gestión de bajas y altas médicas.

En el Cuadro 1 pueden encontrarse los supuestos realizados sobre el tiempo dedicado a las distintas actividades en cada uno de estos dos grupos de actividades, así como el tipo de profesional implicado.

Entre el principio de la sexta ola y el 14 de enero de 2022 han transcurrido 89 días y se han realizado 17.012.516 pruebas de diagnóstico de la Covid, según los Datos Abiertos del Ministerio de Sanidad. Utilizando los supuestos del Cuadro 1, podemos transformar estas pruebas en minutos implicados, los minutos en horas, las horas en jornadas laborales de 7,5 horas al día, y suponiendo que se trabaja 5/7 de los días transcurridos, obtenemos el total de profesionales implicados en exclusiva en el diagnóstico de la Covid en los centros de atención primaria trabajando 37.5 horas semanales durante la sexta ola.

Por otra parte, en esos 89 días se han detectado 3.610.015 casos. Suponiendo que todos ellos requieran de un parte de baja y de alta médica, y procediendo de modo similar

³ Esta afirmación puede racionalizarse bajo el supuesto de que el planificador central prefiere una distribución del coste implicado por el aumento de los contagios más igualitaria en el territorio nacional que menos igualitaria.

CUADRO 1. SUPUESTOS SOBRE EL TIEMPO REQUERIDO POR PACIENTE PARA DISTINTAS ACTIVIDADES EN CENTROS DE ATENCION PRIMARIA

<i>Actividad</i>	<i>Tiempo (minutos)</i>	<i>Profesional</i>
Actividades relacionadas con el diagnóstico		
Atención para la cita	5	Recepcionista/telefonista
Atención previa a la prueba	10	Médico
Realización de la prueba	10	Enfermero
Procesamiento de la prueba	10	Técnico de laboratorio
Actividades relacionadas con bajas y altas médicas		
Atención para la cita (baja + alta)	10	Recepcionista/telefonista
Baja + alta por enfermedad	20	Médico

al descrito en el párrafo anterior, obtenemos una estimación del total de profesionales implicados en exclusiva en la gestión de las altas y las bajas por Covid.

Los resultados de los cálculos pueden encontrarse en el Cuadro 2. Como ya hemos indicado, consideramos estos resultados un límite muy superior. De acuerdo a nuestros cálculos, el total de personal requerido para hacer frente a la presión sobre los centros de atención primaria causada por la sexta ola sería de 26.515 profesionales. Según los Principales Datos del Sistema Nacional de Salud publicado por el Ministerio de Sanidad en mayo de 2021 (Ministerio de Sanidad, 2021), en España existen 13.000 centros de atención primaria, por lo que la plantilla de cada centro debería aumentarse en algo más de 2 profesionales de media para compensar el sobreesfuerzo que ha significado la sexta ola.

En el Cuadro 3 presentamos el aumento de personal requerido por categoría profesional. El Ministerio de Sanidad (2021) distingue entre Médicos, personal de Enfermería y Otros profesionales, cuya plantilla se muestra en la segunda columna. Incluimos a los recepcionistas y técnicos de laboratorio dentro de esta última categoría. En la tercera columna se muestra el incremento en la plantilla de cada profesional requerido para mantener constantes la carga de trabajo a los niveles anteriores a la sexta ola. Existen tres formas de interpretar estos resultados. La primera es la ya comentada, del aumento relativo que se necesitaría realizar en los trabajadores de cada categoría profesional. Otro modo de interpretar estas cifras sería en términos del sobreesfuerzo impuesto a cada categoría profesional en caso de no haber aumentado el personal contratado. Una tercera interpretación sería la de una medida de la reducción en la atención prestada a otros enfermos para mantener constante el esfuerzo y la plantilla.

De acuerdo con estos resultados, la sexta ola habría aumentado en más de un 36% la carga agregada de trabajo de la categoría de Otros profesionales, donde incluimos a los

CUADRO 2. CALCULO DEL ESFUERZO ADICIONAL IMPUESTO A LOS CENTROS DE ATENCION PRIMARIA POR LA SEXTA OLA

	<i>Aumento número de profesionales</i>	<i>Profesional</i>
Días transcurridos	89	
Pruebas realizadas	17.012.516	
Casos detectados	3.610.015	
Actividades relacionadas con el diagnóstico		
Atención para la cita	3.675	Recepcionistas
Atención previa a la prueba	7.350	Médicos
Realización de la prueba	7.350	Enfermeros
Procesamiento de la prueba	7.350	Técnicos
Subtotal	25.729	
Actividades relacionadas con bajas y altas médicas		
Atención para las citas	1.262	Recepcionistas
Baja + alta por enfermedad	2.524	Médicos
Subtotal	3.786	
Total	29.515	

recepcionistas/telefonistas pero también a los técnicos de laboratorio. La carga agregada de trabajo de los médicos habría aumentado alrededor del 24%, de los que aproximadamente un 6% se debe a la gestión de bajas y altas médicas. En el caso de los enfermeros, el aumento en la carga de trabajo habría sido alrededor 19%.

En los cálculos anteriores subyace el supuesto implícito de que la carga de trabajo se distribuye de forma uniforme desde el inicio de la sexta ola, aunque el trabajo acumulado durante el tiempo transcurrido es consistente con el acumulado de casos detectados y pruebas realizadas. En realidad los contagios se han acelerado en el tiempo, por lo que la carga de trabajo sería mayor en el último mes y menor en el principio de la ola. De hecho, si repetimos los cálculos sólo para los casos detectados entre el 15 de diciembre y el 14 de enero (último mes con datos disponibles), obtenemos un aumento en la carga de trabajo (con respecto a la situación prepandemia) de 46.008 profesionales necesarios para hacer frente al incremento de trabajo del último mes (39% más de médicos, 27% más de enfermeros y un 55% más de otros profesionales, entre los que se incluyen técnicos de laboratorio).

Como hemos indicado, consideramos estos cálculos un límite superior del aumento de la carga de trabajo.

7. El efecto sanitario de la vacunación

La comunidad científica no duda de la efectividad de la vacunación en la reducción de la

CUADRO 3. CALCULO DEL ESFUERZO ADICIONAL IMPUESTO A LOS DISTINTOS PROFESIONALES DE ATENCION PRIMARIA POR LA SEXTA OLA

	<i>Número de profesionales actuales</i>	<i>Carga de trabajo (%)</i>
<i>Actividades relacionadas con el diagnóstico</i>		
Médicos	43.000	17,06%
Enfermeros	39.000	18.85%
Otros	34.000	32.43%
<i>Actividades relacionadas con bajas y altas médicas</i>		
Médicos	43.000	5.87%
Otros	34.000	3.71%

transmisión por contagios y en evitar el desarrollo de una enfermedad grave tras el contagio por Covid. Sin embargo, la evidencia empírica sobre hasta qué punto la vacunación ha contribuido a reducir de forma efectiva la incidencia del coronavirus en España es inexistente hasta la fecha. En esta sección ofrecemos una estimación del efecto de la vacunación sobre los contagios, las hospitalizaciones, los ingresos en UCIs y las defunciones durante el año 2021.

Los datos concretos que utilizamos para realizar las simulaciones en esta sección proceden de distintas fuentes oficiales. En primer lugar, en la Tabla 10 de la actualización nº529 del Boletín de 23/12/2021 del Ministerio de Sanidad apareció (de forma puntual) información sobre número de contagios, hospitalizaciones y defunciones, distinguiendo por tramos de edad y en función de si el afectado estaba vacunado o no. A partir de esta tabla podemos definir la incidencia media de nuevos casos de contagios (por 100.000 habitantes) entre la población con una pauta de vacunación d en el grupo de edad e (llamémosle $z^{d,e}$) durante una ventana \tilde{s} de s semanas para la que disponemos de información (i.e. las 8 semanas entre el 18/10/2021 y el 12/12/2021). El índice d puede hacer referencia a población con dosis de vacunación completa (vc), a población sin ninguna vacuna contra el coronavirus (vn), o a población con alguna dosis de la vacuna, pero con pauta incompleta (vi). Es decir $d = \{vc, vn, vi\}$. Por otra parte, el índice e divide a la población entre los grupos de 12 a 29 años ($e = 1$); de 30 a 59 años ($e = 2$); de 60 a 79 años ($e = 3$); y más de 80 años ($e = 4$); así pues, $e = \{1, 2, 3, 4\}$

En segundo lugar, se utilizan datos de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2021) - RENAVE⁴. También se ha empleado información de una tabla puntual del Ministerio de Sanidad (2021b), así como datos de la población por edades del INE (2021).

⁴ Esta es la única fuente que permite distinguir incidencia sanitaria por edades. Recuérdese aquí lo mostrado en la Sección 2. La comparación entre este fichero de datos y los Datos Abiertos del Ministerio de Sanidad arrojan un total de hospitalizaciones acumuladas alrededor del 30 por cien inferior en los datos RENAVE con respecto a los Datos Abiertos, y un total de ingresos en UCIs un 60 por cien menor.

Los datos se trabajan en términos de flujos semanales, desde la primera semana de abril de 2021, dado que es cuando se empieza a disponer de datos de población vacunada de acuerdo a la pauta de vacunación y por grupos de edad.

El supuesto básico que utilizamos es que las tasas de incidencia relativas media de los vacunados con respecto a los no vacunados y a los vacunados con pauta incompleta permanecen constantes durante 2021. Es decir, si definimos la incidencia relativa media de los vacunados con respecto a los no vacunados (x), y a los vacunados con pauta incompleta (y), por grupo de edad, esta incidencia relativa suponemos que no cambia a lo largo del tiempo

$$x_z^e = \frac{z^{vc,e}}{z^{vn,e}}; \quad x_h^e = \frac{h^{vc,e}}{h^{vn,e}}; \quad x_u^e = \frac{u^{vc,e}}{u^{vn,e}}; \quad x_f^e = \frac{f^{vc,e}}{f^{vn,e}} \quad (6)$$

$$y_z^e = \frac{z^{vc,e}}{z^{vi,e}}; \quad y_h^e = \frac{h^{vc,e}}{h^{vi,e}}; \quad y_u^e = \frac{u^{vc,e}}{u^{vi,e}}; \quad y_f^e = \frac{f^{vc,e}}{f^{vi,e}} \quad (7)$$

donde z , h , u y f se refieren a contagios, hospitalizaciones, ingresos en UCI y fallecimientos. Este supuesto es tanto más fácil de satisfacer cuanto mayor sea la duración de la efectividad de la vacuna, o cuanto con más celeridad se inyecte la dosis de refuerzo. En nuestra opinión, en la mayoría de los casos de pauta completa de vacunación el tiempo transcurrido desde la última vacuna garantiza la efectividad completa de la misma y, por lo tanto, pensamos que el supuesto es muy razonable.

Bajo este supuesto, podemos obtener una estimación de la incidencia de contagios entre vacunados con pauta completa en el grupo de edad e , que es inobservada a lo largo del tiempo, a partir de la expresión (véase Apéndice 1 para su derivación)

$$\widehat{r}_j^{vc,e} = \frac{r_j^e}{\left(\frac{P_j^{vc,e}}{P^e} + \frac{1}{x_r^e} \frac{P_j^{vn,e}}{P^e} + \frac{1}{y_r^e} \frac{P_j^{vi,e}}{P^e} \right)} \quad (8)$$

donde el subíndice j hace referencia a la semana j del año 2021, r puede referirse a z , h , u o f ; P^e es la población española en el grupo de edad e ; y $P_j^{vc,e}$, $P_j^{vn,e}$, $P_j^{vi,e}$ representan, respectivamente, la población vacunada, no vacunada y con pauta de vacunación incompleta en el grupo de edad e en la semana j .

Así pues, para la estimación de la incidencia (contagios, hospitalizaciones, UCIs, defunciones) entre los vacunados con pauta completa en el grupo de edad e en la semana j del año 2021, necesitamos la incidencia observada en ese grupo de edad, las incidencias relativas (x , y) calculadas como hemos visto arriba, y los porcentajes de población con

vacunación completa, sin vacunación y con vacunación incompleta.

Obérvase que la diferencia en la semana j entre la incidencia observada por grupo de edad y la estimada para los vacunados completos por grupo de edad será mayor cuanto más reducida sea x_z^e (la incidencia relativa media de los vacunados respecto a los no vacunados) y mayor sea la proporción $\frac{p_j^{vn,e}}{pe}$ de no vacunados en la población.

Nuestro procedimiento permite realizar distintos ejercicios contrafactuales utilizando la estimación (8). El detalle sobre el procedimiento empleado puede encontrarse en el *Apéndice 1*, mientras que en el *Apéndice 2* se explican algunas correcciones realizadas sobre los datos originales con el fin de hacerlos consistentes con la información sobre población publicada por el INE. A continuación se describen algunas de las simulaciones realizadas.

7.1 Contrafactual 1: la vacuna no está disponible durante 2021

Este primer ejercicio trata de describir la situación en un escenario en el que la vacuna no hubiera llegado a la población española. Bajo el mismo comportamiento social que el observado ¿cómo habrían evolucionado los indicadores sanitarios?. Para realizar este ejercicio primero obtenemos la evolución simulada de las series de contagios, ingresos hospitalarios, ingresos UCIs y defunciones suponiendo que las vacunas no hubieran existido y les restamos las series observadas. Esta diferencia nos dará el efecto de la vacunación en España *para el mismo comportamiento social* en el escenario contrafactual, que en el escenario observado (es decir, los resultados serían distintos si, en ausencia de vacunación las autoridades competentes hubieran restringido las interacciones sociales por encima de lo que se ha hecho durante 2021).

En los Gráficos 16 a 19 se representa la evolución semanal de los flujos de contagios, hospitalizaciones, ingresos en UCIs y defunciones respectivamente. La línea azul recoge la evolución observada e incorpora, por lo tanto, el efecto que van teniendo las vacunas conforme los distintos tramos de población por edades van accediendo a las mismas. La línea naranja representa la evolución de las series en el escenario de que la vacuna no hubiera estado disponible durante el año 2021. Se observa un efecto impactante de las vacunas en todos los flujos, aunque menor sobre los contagios que sobre las series que captan la gravedad de los mismos. El desacople desde el final del verano entre las series observada y las series simulada en ausencia de vacunas es muy llamativo.

Las diferencias acumuladas a lo largo del año entre las dos series se ofrece en el Cuadro 4, donde se distingue a la población en cuatro grupos de edad. Para interpretar este cuadro, fijémonos en el caso de los contagios. En la primera fila aparecen las diferencias acumuladas entre lo que habría sucedido con los contagios en ausencia de vacunas, y el comportamiento realmente observado de los contagios. Por ejemplo, en ausencia

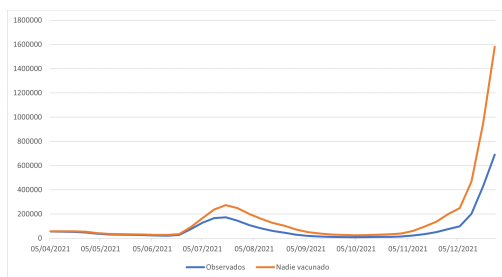


Gráfico 16: Contagios semanales

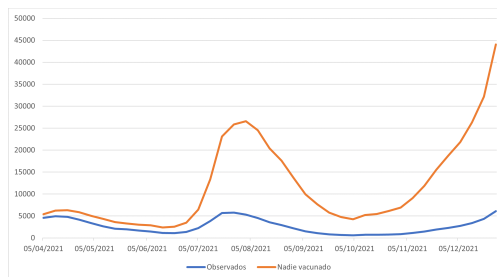


Gráfico 17: Ingresos hospitalarios semanales

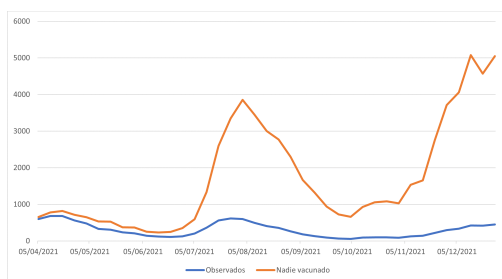


Gráfico 18: Ingresos en UCIs semanales

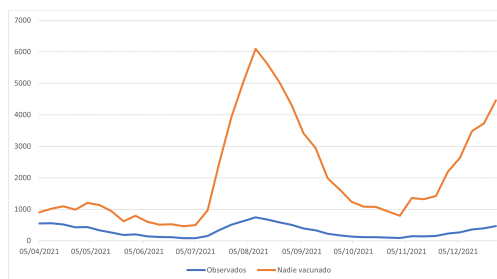


Gráfico 19: Defunciones semanales

de vacunación, los contagios acumulados habrían aumentado en 3.048.407 casos desde la primera semana de abril. Este aumento en los contagios provocaría, de manera natural inmunización a una parte de la población, por lo que las cifras que ofrecemos en el Cuadro 4 deberían interpretarse como un límite superior, aunque no muy alejado al real. Como vemos, el aumento de los contagios habría afectado de forma especialmente acusada en el colectivo de 60 a 79 años. Las cifras de la segunda fila representan el aumento en términos porcentuales con respecto al acumulado observado desde abril para cada grupo de edad. En el colectivo de más de 80 años, los contagios habrían aumentado un 388 por cien. La tercera fila nos proporciona una idea de la importancia relativa del grupo de edad en el aumento total de los contagios si no hubiera existido vacunación. Así por ejemplo, el aumento de los contagios en los menores de 30 años habrían supuesto un 15 por cien del aumento total.

Si miramos ahora el apartado de defunciones, vemos que la no disponibilidad de las vacunas habría aumentado las muertes por Covid casi un 571 por cien. Interesante es el resultado que nos dice que los menores de 60 años sólo sufrirían el 2,1 por cien del aumento total, mientras que los mayores de 80 años hubieran sido los principales damnificados.

Otro resultado destacable es el que nos dice que el beneficio en términos relativos de la vacunación aumenta con la gravedad del indicador, mayor para las defunciones e ingresos en UCIs y menor para los contagios y las hospitalizaciones.

CUADRO 4. EFECTO DE LA VACUNACION DESDE EL 1 DE ABRIL DE 2021

	10 a 29	30 a 59	60 a 79	más de 80	Total
<i>Contagios</i>					
Diferencia respecto a lo observado	596.001	784.586	1.386.005	281.815	3.048.407
Diferencia respecto a lo observado (%)	52	50	388	335	96
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	20	26	45	9	100
<i>Hospitalizaciones</i>					
Diferencia respecto a lo observado	5.730	54.713	198.836	99.624	358.904
Diferencia respecto a lo observado (%)	70	132	589	513	349
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	2	15	55	28	100
<i>Ingresos en UCI</i>					
Diferencia respecto a lo observado	254	8.927	43.315	3.305	55.801
Diferencia respecto a lo observado (%)	48	172	762	900	474
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	0,5	16	77,5	6	100
<i>Defunciones</i>					
Diferencia respecto a lo observado	95	1.395	24.996	42.037	68.523
Diferencia respecto a lo observado (%)	197	126	562	656	571
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	0,1	2	36,4	61,5	100

7.2 Contrafactual 2: la influencia de los anti-vacunas en el desarrollo de la sexta ola

¿Qué habría sucedido si el 100 por cien de la población mayor de 12 años hubiera estado vacunada cuando comenzó la sexta ola? Por medio de este ejercicio contrafactual tratamos de establecer la influencia de la población anti-vacuna en la evolución de los indicadores sanitarios durante la sexta ola. El supuesto de partida es que, en la primera semana de noviembre, toda la población mayor de 12 años había tenido acceso a la pauta completa de vacunación, por lo que los no vacunados pueden ser considerados anti-vacunas. La diferencia entre nuestro contrafactual, en el que suponemos toda la población vacunada al principio de la sexta ola, y los datos sanitarios realmente observados, nos dará la influencia de los antivacunas en el acumulado de la sexta ola hasta finales de diciembre.

Los resultados apuntan a que los antivacunas, durante la sexta ola hasta finales de diciembre, habrían incrementado los contagios un 14%, las hospitalizaciones un 44% (un 79% para el grupo entre 30 y 59 años), un 78% los ingresos en UCI (143% para el grupo entre 30 y 59 años), y un 32% las defunciones (53% en el grupo de edad entre 30 y 59 años).

7.3 Contrafactual 3: los indicadores sanitarios con toda la población vacunada: comparación con la incidencia de la gripe

En este tercer ejercicio nos preguntamos qué habría sucedido con los indicadores sanitarios si toda la población hubiera estado vacunada desde el momento en el que disponemos de datos sobre vacunación por edades y pauta de vacunación, es decir, desde la primera

CUADRO 5. EFECTO DE LA POBLACION NO VACUNADA EN LA 6A OLA

	10 a 29	30 a 59	60 a 79	más de 80	Total
<i>Contagios</i>					
Diferencia (observado - todos vacunados)	97.774	80.671	22.521	3.308	204.274
Diferencia (observado - todos vacunados) (%)	26	10	13	10	14
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	48	39	11	2	100
<i>Hospitalizaciones</i>					
Diferencia (observado - todos vacunados)	731	3.315	2.489	840	7.376
Diferencia (observado - todos vacunados) (%)	124	79	34	17	44
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	10	45	34	11	100
<i>Ingresos en UCI</i>					
Diferencia (observado - todos vacunados)	25	507	536	33	1.101
Diferencia (observado - todos vacunados) (%)	80	143	57	40	78
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	2	46	49	3	100
<i>Defunciones</i>					
Diferencia (observado - todos vacunados)	9	65	215	257	546
Diferencia (observado - todos vacunados) (%)	-	53	38	25	32
Porcentaje sobre la diferencia total (%)	2	12	39	47	100

semana de abril. En segundo lugar, comparamos el acumulado de abril a diciembre de contagios, ingresos hospitalarios en planta, en UCIs y las defunciones, bajo el supuesto de que el 100 por cien de la población hubiera estado vacunada en ese periodo, con los datos de la incidencia de la gripe en las temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. Ofrecemos también, como referencia, los datos Covid reales reportados por RENAVE para todo el año 2021.

El objetivo de este ejercicio es ilustrar el impacto de la enfermedad sobre la salud de la población y sobre el sistema sanitario, en un escenario simulado en el que la vacunación contra la Covid hubiera abarcado completamente a toda la población. Los resultados pueden encontrarse en el Cuadro 6. En la primera columna aparecen los resultados observados para el total de contagios, hospitalizaciones, ingresos en UCIs y defunciones desde abril de 2021. En la segunda columna se muestran los agregados simulados desde la primera semana de abril, bajo el supuesto de que toda la población española mayor de 12 años hubiera recibido la pauta completa de vacunación contra el coronavirus. En las siguientes tres columnas se ofrece la información sobre la incidencia de la gripe de acuerdo con El Sistema de Vigilancia de la Gripe en España de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, para las campañas 2017/18, 2018/19 y 2019/20. Nótese que estamos comparando campañas completas de gripe, con únicamente los tres últimos trimestres de 2021 para la Covid.

En cualquier caso, comparando las columnas dos y tres no se aprecian diferencias muy desfavorables en los daños causados por la Covid, bajo el supuesto de toda la

CUADRO 6. INCIDENCIA SANITARIA CON VACUNACION COMPLETA

	Covid (obs) Abr-Dic 21	Covid (vacun) Abr-Dic 21	Gripe (17/18)	Gripe (18/19)	Gripe (19/20)
Contagios	3.169.872	2.319.807	70.000	490.000	619.000
Hospitales	102.847	44.763	52.000	35.300	27.700
UCIs	11.764	3.443	3.000	2.500	1.800
Defunciones	12.008	6.601	15.000	6.300	3.900

población vacunada, con respecto a una temporada de gripe estacional que fue calificada como de actividad moderada/alta. De hecho, la mortalidad causada por la gripe del 2017/18 superaría con creces la de la Covid durante el 2021.

Debemos introducir, sin embargo, dos importantes apreciaciones: (a) la temporada 2021 para la Covid está incompleta, pues falta la información del primer trimestre; (b) No toda la población de riesgo se vacuna contra la gripe.

En cualquier caso, los resultados introducen cierta dosis de optimismo sobre la posibilidad de que, en un futuro cercano, la incidencia del coronavirus sobre el sistema sanitario, con una población convenientemente concienciada sobre la necesidad de vacunarse, sea asimilable a la de la gripe. La Covid es una nueva enfermedad causada por un nuevo coronavirus. La población y los responsables del sistema de salud deben adaptarse a este cambio estructural y normalizarlo. Como con la gripe, nunca estaremos seguros del grado de actividad de las nuevas variantes que puedan aparecer. Afortunadamente contamos con el aliado de la vacunación que, como hemos mostrado en estos ejercicios, ha reducido de modo extraordinario el impacto sanitario de la epidemia hasta equiparlo al de una mala temporada de gripe.

8. Propuestas para la reducción del impacto económico sanitario del coronavirus

De la lectura de nuestros cálculos y estimaciones en las páginas previas hay una primera conclusión que, aunque sabida, es muy importante resaltar. Las vacunas han sido eficaces, muy eficaces de hecho, y han cambiado significativamente el devenir de la pandemia. Con todas las cautelas pertinentes, el número de personas que desarrollan de forma grave la enfermedad y, por tanto, ingresan en UCIs o acaban falleciendo ha disminuido drásticamente en porcentaje respecto al número de contagiados. Nuestros cálculos deben de ser tomados con cierta cautela porque, aunque reflejan el panorama habido en 2021, no recogen mas que parcialmente la incidencia de la variante ómicron del virus. En cualquier caso, de lo que sabemos hasta ahora, sí que parece que esta variante, aunque mucho más agresiva en términos de contagios, está teniendo una menor incidencia en el desarrollo

grave de la enfermedad (por sí misma o por la conjunción con la masiva vacunación en nuestro país), como se observa en nuestros datos de la sexta ola.

Si, como parece, estamos condenados a que en el futuro el virus Covid-19 no desaparezca, sino que tenga un carácter estacional recurrente, ¿qué propuestas se pueden hacer para que el impacto económico-sanitario del Covid-19 se reduzca cuando surjan nuevas oleadas del virus?

En primer lugar, las autoridades sanitarias deberían elaborar planes de contingencia para ser capaces de reforzar eficientemente el sistema de atención primaria, el sistema hospitalario y la atención de cuidados intensivos. En este sentido, es primordial evaluar correctamente los incrementos de carga de trabajo que ocurren en situaciones de estrés pandémico, para que los refuerzos de personal que se habiliten permitan no tener que renunciar al resto de atención médica de otras patologías. En dichas situaciones de estrés pandémico el personal sanitario fijo o de refuerzo debería poder ser trasladado transitoriamente de sus puestos de trabajo habituales a otros en los que exista saturación. Es un hecho que en muchas ocasiones la incidencia del virus es muy desigual entre distritos sanitarios (o municipios, o provincias, o regiones) y no debería haber razones por las que los recursos humanos no pudieran ser movibles. Incrementar indiscriminadamente las dotaciones de plazas fijas no parece la opción más sensata, si lo que va a haber en el futuro son picos de exceso de trabajo (como los ha habido siempre, por ejemplo, en las campañas de gripe).

En segundo lugar, parece sensato intensificar los incentivos de todo tipo, para que los no vacunados lo hagan. Sin necesidad de coartar la libertad individual, habría que exigir pasaportes sanitarios (o pruebas diarias) para acceder a todo tipo de eventos públicos y privados en espacios cerrados o en eventos de masas en espacios abiertos. La idea es que las personas no vacunadas tengan más difícil el acceso a actividades de ocio y esparcimiento para incentivar su vacunación, dado el coste social que generan.

En tercer lugar, se deberían establecer procedimientos rápidos y eficientes para realizar las pruebas de antígenos o las PCR. El colapso de la atención primaria tiene que ver con actos médicos poco complicados técnicamente y poco exigentes en tiempo, como son el diagnóstico de la enfermedad vía tests o la concesión de bajas y altas médicas. En grandes ciudades, se pueden habilitar centros de realización de tests en diferentes puntos de las mismas, independientes de los centros de atención primaria (al modo, por ejemplo, de los vacunódromos), de forma que dotados con muy poco personal médico, sanitario y administrativo gestionen las pruebas y manden informáticamente el resultado al móvil de los pacientes (tras realizar el test de antígenos el paciente podría recibir en su móvil el resultado en 15 minutos y tras realizar las PCR también lo recibiría en el menor plazo posible). Del mismo modo, se podrían comunicar los resultados a la administración que

ha de cursar las bajas, estableciendo procedimientos administrativos ágiles para gestionar dichas bajas y las altas médicas posteriores. Por ejemplo, un administrativo podría cursar las bajas en cuanto hubiera una confirmación de positivo de un paciente a partir del positivo en un test. Las altas podrían ser automáticas en el plazo que los expertos consideren (5-7-10 días), salvo que el paciente requiriera atención adicional, en cuyo caso el médico habitual ya podría realizar la gestión.

Por último, otro aspecto que aligeraría la carga de la sanidad pública en situaciones de estrés pandémico sería el reforzamiento de la coordinación y la cooperación con el sector privado. La sanidad privada puede ayudar en la gestión sanitaria en estas situaciones mediante el establecimiento de planes de contingencia que permitan establecer conciertos. La posibilidad de derivar pacientes, pruebas, hospitalizaciones o estancias en UCI a la sanidad privada podría contribuir a mitigar en muchos casos los sobreesfuerzos de la sanidad pública.

9. Conclusiones

Este trabajo ofrece una panorámica de la situación sanitaria durante 2021 en España relacionada con la Covid-19. De dónde venimos, y qué podemos esperar en el futuro. La sobrexposición de expertos, periodistas, tertulianos, o políticos opinando sobre la pandemia genera la mayoría de las veces mensajes contradictorios o confusos. Nuestro objetivo en este estudio ha sido dar respuesta, con el apoyo de los datos oficiales y utilizando supuestos prudentes, a cuestiones relevantes y que aparecen recurrentemente en el debate público: ¿Cómo ha evolucionado en el tiempo la presión hospitalaria y sobre las UCIs? ¿Ha ido cambiando la letalidad del virus? ¿Y la duración de las estancias hospitalarias? ¿Qué imagen tendrían las olas de contagios, si supusiéramos la misma probabilidad a lo largo del tiempo de que un contagiado desarrollara enfermedad grave? ¿Qué sobreesfuerzo está suponiendo la sexta ola en la atención primaria? ¿Cuántos contagios, hospitalizaciones y fallecimientos ha ahorrado la vacunación? ¿Qué coste en términos de hospitalizaciones y defunciones están imponiendo los antivacunas durante la sexta ola? ¿Cómo de diferente sería un escenario de vacunación generalizada contra la Covid con respecto a una temporada de gripe estándar?

A modo de resumen, nuestras repuestas a las preguntas anteriores son las siguientes:

1. Existe una clara tendencia decreciente en la presión sobre las camas hospitalarias en planta y en UCIs.
2. La letalidad del virus se ha reducido drásticamente durante 2021.
3. Condicionado a ingresar en un hospital (en planta o en UCI) no existe un claro cambio

de tendencia en la duración de las hospitalizaciones.

4. La capacidad del virus de terminar generando complicaciones graves ha ido cayendo en el tiempo, por lo que, si corrigiéramos los contagios por este hecho, en la sexta ola a finales de diciembre de 2021 habríamos estado por debajo del pico de la tercera ola de principios de 2021.
5. Para mantener la carga de trabajo del personal de atención primaria a niveles pre-pandemia, desde el inicio de la sexta ola y hasta el 14 de enero de 2022, habría tenido que aumentarse en más de 2 empleados de media la dotación de cada centro de atención primaria. En este periodo también habría aumentado en más de un 36% la carga agregada de trabajo de la categoría de Otros profesionales, donde incluimos a los recepcionistas/telefonistas, pero también a los técnicos de laboratorio. La carga agregada de trabajo de los médicos habría aumentado alrededor del 24%, de los que aproximadamente 6 puntos porcentuales se debe a la gestión de bajas y altas médicas. En el caso de los enfermeros, el aumento en la carga de trabajo habría sido del 19%. Consideramos estas estimaciones un límite muy superior.
6. El impacto positivo de la vacunación sobre los indicadores sanitarios ha sido extraordinario. Por ejemplo, la no disponibilidad de vacunas habría aumentado las muertes por Covid un 571 por cien con respecto a las observadas, aunque los menores de 60 años sólo sufrirían el 2,1 por cien del aumento total, mientras que los mayores de 80 años hubieran sido los principales damnificados. Además, el beneficio en términos relativos de la vacunación aumenta con la gravedad del indicador, mayor para las defunciones e ingresos en UCIs y menor para los contagios y las hospitalizaciones.
7. La población reticente a vacunarse es responsable de aumentar un 44% las hospitalizaciones en la sexta ola (un 79% para el grupo entre 30 y 59 años), un 78% los ingresos en UCI (143% para el grupo entre 30 y 59 años), y un 32% las defunciones (53% en el grupo de edad entre 30 y 59 años).
8. Bajo el supuesto de que toda la población hubiera estado vacunada de la Covid desde la primera semana de abril, la incidencia de la enfermedad en términos de hospitalizaciones y defunciones durante 2021 habría estado por encima de una temporada de gripe con actividad baja, pero en la línea de una temporada de gripe con actividad moderada/alta.

Algunos resultados anteriores están basados en supuestos, siempre explicitados. Como hemos indicado, nuestra intención es contribuir al debate con evidencia basada en información pública, y con ejercicios replicables.

Referencias

1. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (2021a): *Actualizaciones diarias. Enfermedad por el coronavirus (COVID-19)*. Nº 282 a 533.
2. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (2021b): *Datos abiertos de la capacidad asistencial*.
3. INE (2021): Población por edad (grupos quinquenales).
4. Ministerio de Sanidad (2021): Principales Datos del Sistema Nacional de Salud publicado por el Ministerio de Sanidad en mayo de 2021.
5. Ministerio de Sanidad (2021b): Informe de Actividad Diario de Gestión Integral de Vacunación frente al COVID-19 en España.
6. Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2021): Datos notificados a la RENAVE a través de SiVieS. Datos abiertos.
7. Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2021b): El Sistema de Vigilancia de la Gripe en España.

Apéndice 1: Un método para estimar la gravedad de la Covid-19 en función de la vacunación

Consideremos la semana la unidad de referencia temporal en nuestro análisis.

Sea $P_j^{d,e}$ el stock de población que durante la semana j tiene una pauta de vacunación d , y pertenece al grupo de edad e . El índice d puede hacer referencia a población con dosis de vacunación completa (vc), a población sin ninguna vacuna contra el coronavirus (vn), o a población con alguna dosis de la vacuna, pero con pauta incompleta (vi). Es decir $d = \{vc, vn, vi\}$. Por otra parte, el índice e divide a la población entre los grupos de 12 a 29 años ($e = 1$); de 30 a 59 años ($e = 2$); de 60 a 79 años ($e = 3$); y más de 80 años ($e = 4$); así pues, $e = \{1, 2, 3, 4\}$.

La población total en un grupo de población d se define como

$$P_j^d = \sum_e P_j^{d,e}$$

La población total en un grupo de edad e

$$P_j^e = \sum_d P_j^{d,e}$$

La población total mayor de 12 años

$$P = \sum_d \sum_e P_j^{d,e}$$

que a efectos prácticos vamos a suponer constante para $\forall j$.

Llamemos $Z_j^{d,e}$ al número de casos de *nuevos contagiados* durante la semana j de la pandemia, entre el grupo de población con pauta de vacunación d , y perteneciente al grupo de edad e .

En la semana j , el número total de nuevos contagiados del grupo de edad e es la suma de los nuevos contagiados plenamente vacunados, no vacunados y vacunados con pauta incompleta.

$$Z_j^e = \sum_d Z_j^{d,e} \tag{9}$$

Y el total de nuevos contagiados en el conjunto de la población

$$Z_j = \sum_d \sum_e Z_j^{d,e} \tag{10}$$

Del mismo modo podemos expresar el total semanal de *nuevos hospitalizados* (H), ingresados en UCIs (U), y *fallecidos* (F) del grupo de edad e en la semana j como:

$$H_j^e = \sum_d H_j^{d,e} \quad (11)$$

$$U_j^e = \sum_d U_j^{d,e} \quad (12)$$

$$F_j^e = \sum_d U_j^{d,e} \quad (13)$$

Y el total de nuevos hospitalizados, ingresados en UCIs y fallecidos en el conjunto de la población

$$H_j = \sum_d \sum_e H_j^{d,e} \quad (14)$$

$$U_j = \sum_d \sum_e U_j^{d,e} \quad (15)$$

$$F_j = \sum_d \sum_e U_j^{d,e} \quad (16)$$

La tasa de incidencia de casos nuevos *contagios* (por 100.000 habitantes) en la semana cualquiera j entre la población d y el grupo de edad e se define como

$$z_j^{d,e} = 100.000 \frac{Z_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \quad (17)$$

La incidencia global en la semana j por grupo de edad e es entonces

$$z_j^e = 100.000 \frac{\sum_d Z_j^{d,e}}{\sum_d P_j^{d,e}} = 100.000 \frac{Z_j^e}{P_j^e} \quad (18)$$

donde a la población en el grupo de edad e la vamos a suponer constante para $\forall j$, $P_j^e = P^e$

Y la incidencia global para el conjunto de la población

$$z_j = 100.000 \frac{\sum_d \sum_e Z_j^{d,e}}{\sum_d \sum_e P_j^{d,e}} = 100.000 \frac{Z_j}{P} \quad (19)$$

Las mismas definiciones pueden utilizarse para obtener tasas de incidencia de nuevas hospitalizados, UCIs y fallecidos en la semana cualquiera j

$$h_j^{d,e} = 100.000 \frac{H_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \quad (20)$$

$$h_j^e = 100.000 \frac{H_j^e}{P^e} \quad (21)$$

$$h_j = 100.000 \frac{H_j}{P} \quad (22)$$

$$u_j^{d,e} = 100.000 \frac{U_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \quad (23)$$

$$u_j^e = 100.000 \frac{U_j^e}{P^e} \quad (24)$$

$$u_j = 100.000 \frac{U_j}{P} \quad (25)$$

$$f_j^{d,e} = 100.000 \frac{F_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \quad (26)$$

$$f_j^e = 100.000 \frac{F_j^e}{P^e} \quad (27)$$

$$f_j = 100.000 \frac{F_j}{P} \quad (28)$$

Definamos $z^{d,e}$ la incidencia media de nuevos casos de *contagios* (por 100.000 habitantes) entre la población d y el grupo de edad e durante una ventana \tilde{s} de s semanas para la que disponemos de información (i.e. las 8 semanas entre el 18/10/2021 y el 12/12/2021)

$$z^{d,e} = 100.000 \frac{\sum_{j \in \tilde{s}} \left(\frac{Z_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \right)}{s} \quad (29)$$

Del mismo modo se puede definir como $h^{d,e}$ a la incidencia media de nuevos casos hospitalizados entre la población d del grupo de edad e , durante la misma ventana de semanas

$$h^{d,e} = 100.000 \frac{\sum_{j \in \tilde{s}} \left(\frac{H_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \right)}{s} \quad (30)$$

La incidencia semanal en UCIs

$$u^{d,e} = 100.000 \frac{\sum_{j \in \tilde{s}} \left(\frac{U_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \right)}{s} \quad (31)$$

Y la incidencia semanal de fallecimientos

$$f^{d,e} = 100.000 \frac{\sum_{j \in \tilde{s}} \left(\frac{F_j^{d,e}}{P_j^{d,e}} \right)}{s} \quad (32)$$

A partir de información oficial publicada por el Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias del Ministerio de Sanidad pueden obtenerse las tasas de incidencia media anteriores para $d = \{vc, vn\}$. No se ofrece información, sin embargo, de la incidencia semanal media para $d = vi$.

Supondremos que la incidencia de la población vacunada con pauta incompleta se sitúa en algún punto intermedio de la incidencia de la población vacunada con pauta completa y la población no vacunada, dependiendo de un parámetro λ que capta la cercanía de la incidencia de esta población a la de la población vacunada. Consideraremos el caso de que $\lambda = 0.5$. Así pues

$$z^{vi,e} = \lambda z^{vc,e} + (1 - \lambda) z^{vn,e} \quad (33)$$

Podemos ahora definir la incidencia relativa media de los vacunados con respecto a los no vacunados (x) y a los vacunados con pauta incompleta (y)

$$x_z^e = \frac{z^{vc,e}}{z^{vn,e}}; \quad x_h^e = \frac{h^{vc,e}}{h^{vn,e}}; \quad x_u^e = \frac{u^{vc,e}}{u^{vn,e}}; \quad x_f^e = \frac{f^{vc,e}}{f^{vn,e}} \quad (34)$$

$$y_z^e = \frac{z^{vc,e}}{z^{vi,e}}; \quad y_h^e = \frac{h^{vc,e}}{h^{vi,e}}; \quad y_u^e = \frac{u^{vc,e}}{u^{vi,e}}; \quad y_f^e = \frac{f^{vc,e}}{f^{vi,e}} \quad (35)$$

La ecuación (9) de contagiados *observados* en una semana cualquiera j en el grupo de edad e puede reescribirse como

$$Z_j^e = Z_j^{vc,e} + Z_j^{vn,e} + Z_j^{vi,e} = \frac{z_j^{vc,e} P_j^{vc,e} + z_j^{vn,e} P_j^{vn,e} + z_j^{vi,e} P_j^{vi,e}}{100.000} = \frac{z_j^e P^e}{100.000} \quad (36)$$

esta es la información *observada* sobre contagios a lo largo del tiempo por grupo de edad. z_j^e es la tasa de incidencia de contagios observada en la semana j para el grupo de edad e , y P_j^e es la población en el grupo de edad e .

A partir de (36) y de las ecuaciones (34) y (35) podemos obtener una estimación de la incidencia de contagios entre vacunados con pauta completa en el grupo de edad e ($z_j^{vc,e}$) que, en general es inobservada a lo largo del tiempo.

$$\frac{z_j^{vc,e} P_j^{vc,e}}{100.000} + \frac{z_j^{vn,e} P_j^{vn,e}}{100.000} + \frac{z_j^{vi,e} P_j^{vi,e}}{100.000} = \frac{z_j^e P^e}{100.000}$$

$$z_j^{vc,e} \left(\frac{P_j^{vc,e}}{P^e} + \frac{1}{x_z^e} \frac{P_j^{vn,e}}{P^e} + \frac{1}{y_z^e} \frac{P_j^{vi,e}}{P^e} \right) = z_j^e$$

$$\hat{z}_j^{vc,e} = \frac{z_j^e}{\left(\frac{P_j^{vc,e}}{P^e} + \frac{1}{x_z^e} \frac{P_j^{vn,e}}{P^e} + \frac{1}{y_z^e} \frac{P_j^{vi,e}}{P^e} \right)} \quad (37)$$

Para la estimación de la incidencia entre los vacunados con pauta completa en el grupo de edad e , necesitamos la incidencia observada en ese grupo de edad, las incidencias relativas calculadas en el Cuadro 1, y los porcentajes de población con vacunación completa, sin vacunación y con vacunación incompleta.

Obérvese que la diferencia en la semana j entre la incidencia observada por grupo de edad y la estimada para los vacunados completos será mayor cuanto más reducida sea

x_z^e (la incidencia relativa media de los vacunados respecto a los no vacunados) y mayor sea la proporción $\frac{P_j^{vn,e}}{P^e}$ de no vacunados en la población.

Ahora podemos obtener los contagios estimados en la semana j del grupo de edad e bajo el supuesto de que toda la población de edad e estuviera vacunada. Para ello cambiamos la tasa de incidencia de los no vacunados y de los vacunados con pauta incompleta por la tasa de incidencia de los vacunados con pauta completa

$$\widehat{Z}_j^{vc,e} = \frac{\widehat{z}_j^{vc,e} P_j^{vc,e} + \widehat{z}_j^{vc,e} P_j^{vn,e} + \widehat{z}_j^{vc,e} P_j^{vi,e}}{100.000} = \frac{\widehat{z}_j^{vc,e} P^e}{100.000} \quad (38)$$

A partir de la expresión (38) se puede obtener el total de contagiados para el conjunto de la población bajo el supuesto de que toda la población estuviera vacunada con pauta completa

$$\widehat{Z}_j^{vc} = \sum_e \widehat{Z}_j^{vc,e} \quad (39)$$

La diferencia durante un periodo de tiempo entre los contagiados observados y los que se hubieran observado con la población mayor de 12 años completamente vacunada sería

$$\sum_j Z_j - \sum_j \widehat{Z}_j^{vc} \quad (40)$$

Si deseamos calcular la diferencia en un periodo concreto, por ejemplo, la sexta ola

$$\sum_{j \in 6^{ta} \text{ola}} Z_j - \sum_{j \in 6^{ta} \text{ola}} \widehat{Z}_j^{vc} \quad (41)$$

Aunque también podrían hacerse otro tipo de simulaciones. Por ejemplo, podríamos tratar de estimar, cuáles habrían sido los contagios si los mayores de 30 hubieran tenido pauta completa y los menores no se hubieran vacunado

$$\widehat{Z}_j^{30} = \frac{\widehat{z}_j^{vn,1} P^1 + P^e \sum_{e=2}^4 \widehat{z}_j^{vc,e}}{100.000} = \frac{\frac{\widehat{z}_j^{vc,1}}{x_z^1} P^1 + P^e \sum_{e=2}^4 \widehat{z}_j^{vc,e}}{100.000} \quad (42)$$

Un escenario interesante es el de ausencia completa de vacunación en el conjunto de la población, que puede calcularse como

$$\widehat{Z}_j^{vn} = \frac{P^e \sum_e \widehat{z}_j^{vn,e}}{100.000} = \frac{P^e \sum_e \frac{\widehat{z}_j^{vc,e}}{x_z^e}}{100.000} \quad (43)$$

El efecto de las vacunas que se han puesto hasta el momento sobre los contagios podría obtenerse a través de

$$\sum_j \widehat{Z}_j^{vn} - \sum_j \widehat{Z}_j$$

lo que nos daría la reducción en los casos de contagios debido a las vacunas inoculadas durante un periodo.

Exactamente el mismo tipo de experimentos podría hacerse para *hospitalizados*, *ingresados en UCIs* y *fallecidos*. En este caso las expresiones equivalentes a (37) son las siguientes

$$\widehat{h}_j^{vc,e} = \frac{h_j^e}{\left(\frac{P_j^{vc,e}}{P^e} + \frac{1}{x_h^e} \frac{P_j^{vn,e}}{P^e} + \frac{1}{y_h^e} \frac{P_j^{vi,e}}{P^e} \right)} \quad (44)$$

$$\widehat{u}_j^{vc,e} = \frac{u_j^e}{\left(\frac{P_j^{vc,e}}{P^e} + \frac{1}{x_u^e} \frac{P_j^{vn,e}}{P^e} + \frac{1}{y_u^e} \frac{P_j^{vi,e}}{P^e} \right)} \quad (45)$$

$$\widehat{f}_j^{vc,e} = \frac{f_j^e}{\left(\frac{P_j^{vc,e}}{P^e} + \frac{1}{x_f^e} \frac{P_j^{vn,e}}{P^e} + \frac{1}{y_f^e} \frac{P_j^{vi,e}}{P^e} \right)} \quad (46)$$

Y el cálculo para *hospitalizados*, *UCIs* y *fallecidos* bajo el supuesto de que toda la población mayor de 12 años tuviera la pauta completa de vacunación, sería

$$\widehat{H}_j^e = \frac{\widehat{h}_j^{vc,e} P^e}{100.000} \quad (47)$$

$$\widehat{U}_j^e = \frac{\widehat{u}_j^{vc,e} P^e}{100.000} \quad (48)$$

$$\widehat{F}_j^e = \frac{\widehat{f}_j^{vc,e} P^e}{100.000} \quad (49)$$

Apéndice 2: Estimación de la incidencia relativa media y de la población por edad según su estado de vacunación

Nuestro punto de partida es la *Tabla 10* de la *actualización n°529 del Boletín de 23/12/2021* del Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias del Ministerio de Sanidad. A partir de dicha Tabla hemos elaborado el Cuadro A1 donde se muestran los casos de contagiados, hospitalizados, UCIs y fallecidos habidos en las ocho semanas transcurridas entre el 18/10/2021 y el 12/12/21. También en el Cuadro A2 se ofrecen las tasas de incidencia medias semanales y las tasas relativas entre completamente vacunados y no vacunados

Cuadro A1. Número de casos entre el 18/10/2021 y el 12/12/2021.
Población vacunada y no vacunada

Edad	$\sum_{j \in \tilde{s}} Z_j^{vc,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} Z_j^{vn,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} H_j^{vc,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} H_j^{vn,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} U_j^{vc,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} U_j^{vn,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} F_j^{vc,e}$	$\sum_{j \in \tilde{s}} F_j^{vn,e}$
12 a 29	33,230	18,079	109	197	9	14	2	1
30 a 59	141,660	35,933	1,473	1,532	135	235	45	32
60 a 79	53,775	7,354	3,753	1,199	508	262	271	101
Más de 80	9,969	1,069	2,320	390	48	18	511	124

Fuente: Ministerio de Sanidad

Cuadro A2. Tasas de incidencia medias semanales y relativas por grupo de edad

Edad	$z^{vc,e}$	$z^{vn,e}$	x_z^e	$h^{vc,e}$	$h^{vn,e}$	x_h^e	$u^{vc,e}$	$u^{vn,e}$	x_u^e	$f^{vc,e}$	$f^{vn,e}$	x_f^e
12 a 29	60	158	0.38	0.2	1.73	0.12	0.02	0.12	0.17	0.00	0.01	0.00
30 a 59	99	177	0.56	1.03	7.57	0.14	0.09	1.16	0.08	0.03	0.16	0.19
60 a 79	75	498	0.15	5.27	81.2	0.06	0.71	17.8	0.04	0.38	6.84	0.06
Más de 80	44	222	0.20	10.2	81.1	0.13	0.21	3.75	0.06	2.28	25.8	0.09

Fuente: Ministerio de Sanidad y elaboración propia. Datos entre el 18/10/2021 y el 12/12/2021

A partir del número de casos, y de la incidencia media semanal, podemos estimar

la población media vacunada durante el periodo de las ocho semanas como

$$\widehat{P}^{vc,e} = \frac{\sum_{j \in \mathcal{S}} Z_j^{vc,e}}{8Z^{vc,e}} 100,000 \quad (50)$$

y la no vacunada como

$$\widehat{P}^{vn,e} = \frac{\sum_{j \in \mathcal{S}} Z_j^{vn,e}}{8Z^{vn,e}} 100,000 \quad (51)$$

El Cuadro A3 ofrece la estimación de la proporción media de la población no vacunada sobre la suma de la vacunada y no vacunada para el periodo 18/10/2021 y el 12/12/2021 consistente con la Tabla 10 de la actualización n°529 del Boletín de 23/12/2021.

Cuadro A3. Ratio población no vacunada sobre vacunada y no vacunada. Media del periodo 18/10/2021 y el 12/12/2021. Tantos por cien

Edad	$\frac{\widehat{P}^{vn,e}}{\widehat{P}^{vc,e} + \widehat{P}^{vn,e}}$
12 a 29	17.1
30 a 59	12.4
60 a 79	2.0
Más de 80	2.1

Fuente: Elaboración propia

El Ministerio de Sanidad, en sus "informes de actividad diarios de la gestión integral de la vacunación COVID-19", ofrece desde el 1 de Abril de 2021 los datos por grupo de edad del stock a lo largo del tiempo del total de vacunados con pauta completa $\widetilde{P}_j^{vc,e}$ y con media pauta $\widetilde{P}_j^{vc+vi,e}$ (que incluye también a la población con pauta completa). A partir de estos datos se puede estimar nuestro stock de población con vacunación incompleta

$$\widetilde{P}_j^{vi,e} = \widetilde{P}_j^{vc+vi,e} - \widetilde{P}_j^{vc,e} \quad (52)$$

y entonces la población no vacunada se obtendría por la diferencia entre la población total por edades, la población completamente vacunada, y la población con vacunación incompleta

$$\widetilde{P}_j^{vn,e} = P^e - \widetilde{P}_j^{vc,e} - \widetilde{P}_j^{vi,e} \quad (53)$$

donde P^e es la población por grupo de edad según la información del INE a 1 de Enero de 2020.

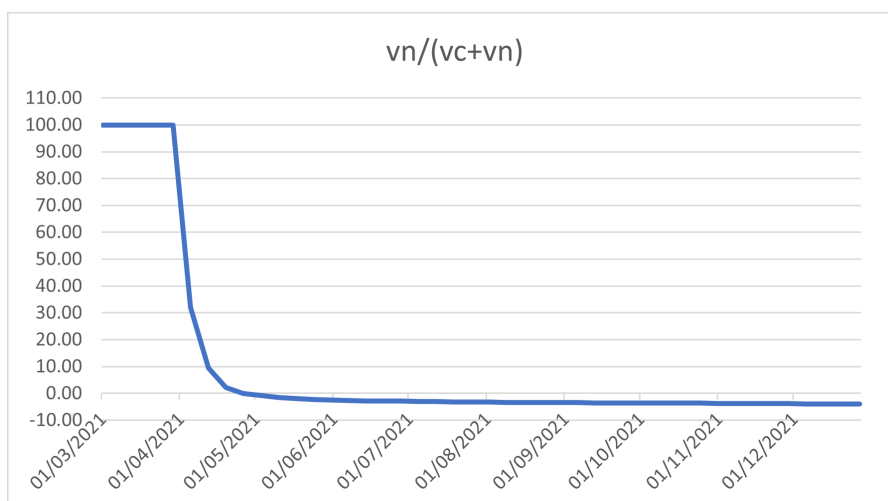


Figure 1: Ratio de no vacunados sobre la suma de no vacunados y vacunados con pauta completa (mayores de 80 años)

Cuadro A4. Población en España por edades

Edad	Población
12 a 29 ¹	8,847,760
30 a 59	21,155,446
60 a 79	9,297,031
Más de 80	2,834,024

Fuente: INE y elaboración propia

1 El INE establece el corte en las edades de 10 y 15 años.

Se ha supuesto que la población de 12 a 14 años

representa 3/5 del intervalo de la población de 10 a 14 años.

Las series $\tilde{P}_j^{vc,e}$, $\tilde{P}_j^{vn,e}$, y $\tilde{P}_j^{vi,e}$ tienen algunos problemas de consistencia tanto con la población por grupos de edades que proporciona el INE, como con la ratio de no vacunados sobre no vacunados más vacunados con pauta completa del Cuadro A3. Por ejemplo, el Gráfico 1 representa esta ratio para la población mayor de 80 años $\left(\frac{\tilde{P}_j^{vn,e}}{\tilde{P}_j^{vc,e} + \tilde{P}_j^{vn,e}}\right)$

A la vista de este gráfico la ratio se hace negativa porque desde Mayo, el dato de población que ha recibido al menos una vacuna (que incluye los que tienen pauta completa) supera la población mayor de 80 años según el INE.

Para corregir estos problemas de nivel, manteniendo la tasa de variación temporal de las series ofrecidas por el Ministerio de Sanidad (Ministerio de Sanidad, 2021b) hemos multiplicado $\tilde{P}_j^{vc,e}$ y $\tilde{P}_j^{vc+vi,e}$ por un escalar τ tal que, tras seguir el procedimiento descrito

para obtener $\widehat{P}^{vn,e}$ (llamemos $P^{vn,e}$ a la nueva serie obtenida cuando se aplica el procedimiento multiplicando $\widetilde{P}_j^{vc,e}$ y $\widetilde{P}_j^{vc+vi,e}$ por el escalar τ), el promedio de la ratio $\frac{P_j^{vn,e}}{\tau \widetilde{P}_j^{vc,e} + P_j^{vn,e}}$ para el periodo 8/10/2021 y el 12/12/2021 replique las cifras del Cuadro A3. Llamemos $P_j^{vc,e} = \tau \widetilde{P}_j^{vc,e}$ y $P_j^{vi,e} = \tau (\widetilde{P}_j^{vc+vi,e} - \widetilde{P}_j^{vc,e})$. El Cuadro A5 representa la corrección de nivel efectuada sobre las series $\widetilde{P}_j^{vc,e}$ y $\widetilde{P}_j^{vc+vi,e}$ a través del parámetro τ así como la ratio $\frac{\widetilde{p}^{vn,e}}{\widetilde{p}^{vc,e} + \widetilde{p}^{vn,e}}$ obtenida con los datos originales, y la ratio $\frac{P_j^{vn,e}}{P_j^{vc,e} + P_j^{vn,e}}$ consecuencia de las series corregidas y que es la estimada en el Cuadro A3. Como se observa, la principal inconsistencia se produce en los mayores de 80 años, mientras que en los menores de 60 las series semanales de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2021) son consistentes con las publicadas en la Tabla 10 del Informe sobre el Estado de la Vacunación de los Casos Notificados en el SiViEs.

Cuadro A5. Factor de corrección de las series

Edad	τ	$\frac{\widetilde{p}^{vn,e}}{\widetilde{p}^{vc,e} + \widetilde{p}^{vn,e}}$	$\frac{P^{vn,e}}{P^{vc,e} + P^{vn,e}}$
12 a 29	0.9992	17.05	17.12
30 a 59	0.9970	12.15	12.42
60 a 79	0.9866	0.69	2.02
Más de 80	0.9442	-3.77	2.08

Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 2 representa la evolución de la proporción de vacunados con pauta completa sobre la población mayor de 80 años, con los datos originales y con la corrección efectuada.

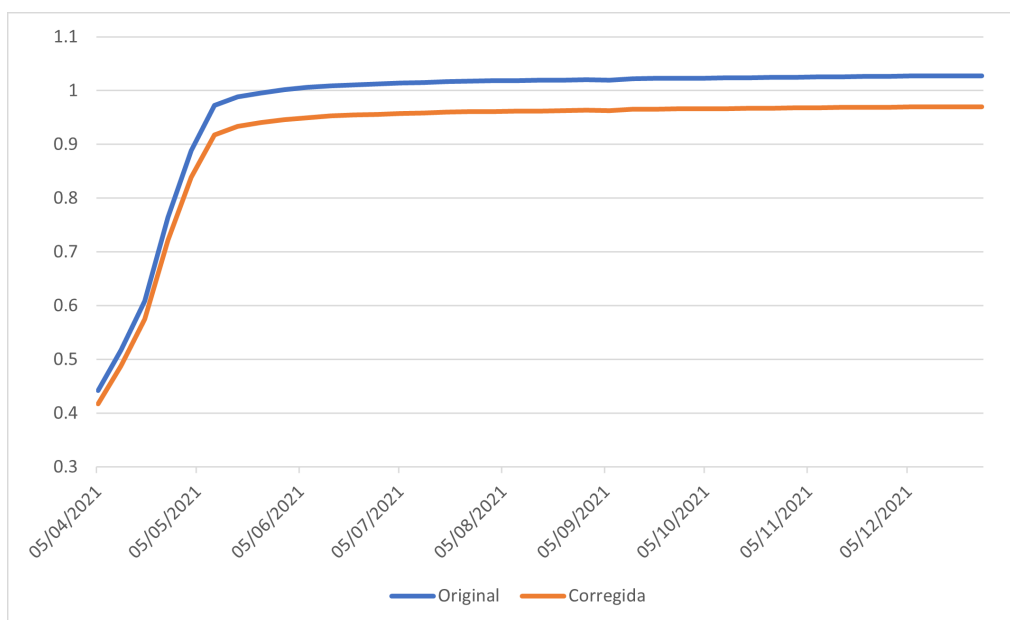


Figure 2: *Proporción de vacunados con pauta completa sobre la población mayor de 80 años*