

Tres modelos matemáticos ayudan a decidir quién se vacuna primero

La vacunación en España, que prioriza a las personas más vulnerables y avanza escalonadamente por edad, se apoya en modelos matemáticos realizados por investigadores españoles que han concluido que esa es la estrategia que más muertes y hospitalizaciones evita.

Carmen Olmedo, Aurora Limia, Grupo de Trabajo de Modelos Matemáticos

29/7/2021 10:40 CEST



Docentes hacen cola en las Urgencias del nuevo Hospital Universitario de Toledo para ser vacunados con AstraZeneca. / EFE/ Ángeles Visdómine

¿Es mejor organizar la vacunación por **grupos** poblacionales o por **edad**? ¿Debe la estrategia de vacunación adaptarse a la llegada de **nuevas variantes**? ¿Qué impacto tiene usar vacunas específicas en grupos concretos? Tres modelos que responden a estas y otras cuestiones están contribuyendo a que la vacunación avance de la forma más eficiente posible.

Son modelos distintos pero hay gran similitud en sus resultados, lo que refleja su robustez. Coordinados por el Ministerio de Sanidad, y realizados

por investigadores de universidades y empresas españolas (Universitat de Barcelona y el Centre de Recerca Matemàtica; la Universidad Carlos III de Madrid junto con el Barcelona Supercomputing Center y el ISCIII; y la UNED junto con la empresa Inverence), coinciden en el elevado impacto positivo que ha tenido vacunar a los **grupos de población priorizados** en la estrategia y en sus sucesivas actualizaciones.

El poder de los modelos

Los **modelos matemáticos** permiten, mediante la utilización de recursos matemáticos y el conocimiento de la enfermedad y su vacuna, representar y predecir una situación epidémica, estimar situaciones futuras y evaluar actuaciones ya realizadas. Desde el inicio de la pandemia se hizo patente no solo la necesidad de información epidemiológica, sino también la importancia de utilizar estos modelos para ayudar a la gestión de la crisis por parte de las autoridades sanitarias.

“ *Los modelos han ayudado a establecer los grupos prioritarios para la vacunación en un contexto inicial de limitación de dosis* ”

Este interés se vio reforzado ante el conocimiento de que numerosos investigadores en nuestro país desarrollaban **modelos centrados en predecir el comportamiento de la pandemia** en diferentes escenarios, tanto epidemiológicos como de vacunación frente a la covid-19.

Así, en la elaboración de la [Estrategia de Vacunación frente a COVID-19](#) en España se tuvo en cuenta desde el principio la utilidad de estas herramientas de predicción. Los modelos, con su capacidad de simular escenarios distintos, son potencialmente capaces de estimar el impacto de las distintas estrategias de vacunación posibles en la reducción de infecciones, hospitalizaciones y fallecimientos.

Priorizar a los más vulnerables no era la única estrategia

Por eso, el Ministerio de Sanidad ha coordinado el desarrollo de modelos

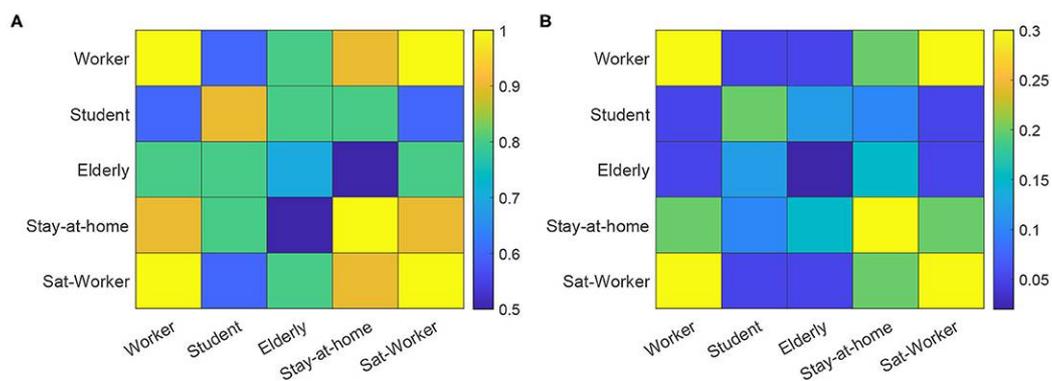
matemáticos de vacunación frente a la covid-19. Entre los modelos inicialmente financiados para hacer diferentes predicciones de la pandemia, y en colaboración con el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), se identificaron aquellos que mejor se podían adaptar a los escenarios de vacunación previsibles.

Estos modelos simularon no solo **escenarios** que priorizaban a las personas más vulnerables, sino también otras posibles opciones, como vacunar a aquellos grupos de población que podían contribuir más a la transmisión de la epidemia, o estrategias que consiguieran el máximo beneficio social.

“ *Los modelos han respondido a las cuestiones que han ido surgiendo sobre el impacto de las vacunas en la pandemia* ”

El objetivo era que los modelos ayudaran, sobre todo, a establecer los grupos de población prioritarios para la vacunación, en un contexto inicial de **limitación de dosis**.

Al tratarse de modelos que se adaptan y van incorporando nuevos conocimientos relevantes a lo largo del tiempo (dosis disponibles, efecto de la vacunación en la transmisión, coberturas, nuevas variantes...), permiten dar respuesta a diferentes cuestiones que van surgiendo acerca del impacto de las vacunas en la pandemia.



Estas matrices de contacto muestran el porcentaje de individuos de un grupo que están en contacto con el otro colectivo. Forman parte de los modelos matemáticos creados para estimar

las interacciones sociales en la pandemia. Fuente: Front. Public Health, 16 March 2021

Las preguntas que responden los modelos

Entre las preguntas que estos modelos han ayudado a responder están la de si es mejor vacunar a diferentes grupos poblacionales o avanzar por cohortes de edad; el impacto de los distintos intervalos entre dosis; la utilización de vacunas específicas en grupos concretos; la priorización de diversos grupos de edad; la utilización de pautas mixtas de vacunas; el impacto de las nuevas variantes; o el papel del distanciamiento físico junto con la vacunación en el control de la infección.

Esto muestra la relevancia que tienen estas potentes herramientas de investigación y predicción en la gestión de crisis sanitarias.

“ *Vacunar a las personas más vulnerables reduce la mortalidad más de un 60 %* ”

Además, los resultados de los modelos han sido tenidos en cuenta por la Ponencia de Programa y Registro de Vacunaciones y el Grupo de Trabajo Técnico de Vacunación frente a COVID-19 en España en las sucesivas actualizaciones de la estrategia. Estas actualizaciones se han ido ajustando a los escenarios epidemiológicos cambiantes, y a las variaciones en el número, características y tipos de vacunas disponibles a lo largo de la campaña de vacunación.

Los resultados

A partir de la misma información epidemiológica, de datos de eficacia/efectividad de las vacunas y de otros parámetros del programa de vacunación, se han obtenido resultados que apuntan en la misma dirección: vacunar a las personas más vulnerables reduce la mortalidad más de un 60 %.

“ *El mayor impacto sobre la*

hospitalización se obtiene al vacunar al personal sanitario, a quienes están en instituciones y a las personas de 80 y más años

”

Según las predicciones de cobertura estimadas por los modelos, la vacunación del personal sanitario y sociosanitario y de las personas de 80 y más años, seguida de la de personas de entre 56 a 79, y posteriormente de mayores de 15 años en sentido descendente de edad, **evitaría el 60 % de las infecciones.**

Por su parte, el mayor impacto sobre la hospitalización se obtiene al vacunar al personal sanitario, a las personas institucionalizadas y a las personas de 80 y más años. **La vacuna evita el 42 % de las hospitalizaciones** a los nueve meses del inicio de la vacunación.

Respecto de la mortalidad, el estudio revela que la **vacunación escalonada**, combinada con distanciamiento físico, disminuye la mortalidad por encima del 60 %.

Modelos dinámicos que predicen el futuro

El modelo desarrollado por la Universidad Carlos III de Madrid, en colaboración con el Centro de Supercomputación de Barcelona, está basado en agentes que reproducen características de cada individuo, así como sus interacciones sociales. Este modelo forma parte del **simulador EpiGraph**, que usa recursos de cómputo de la **Red Española de Supercomputación**.

El modelo de **inteligencia artificial** desarrollado por la UNED e Inverence se basa en ecuaciones en diferencias finitas que le permiten anticipar la evolución de la pandemia de forma dinámica, incluyendo factores como las restricciones o las nuevas variantes del virus.

El modelo propuesto por la Universitat de Barcelona y el Centre de Recerca Matemàtica usa modelos de series temporales discretas y cadenas de Markov ocultas para **estimar el número real de casos en cada momento, corrigiendo la subnotificación** de quienes pasan la enfermedad de forma

asintomática o con sintomatología leve.

Impulso a la investigación

Este tipo de estudios supone ampliar el campo en la investigación de la dinámica de las infecciones en nuestro país, poco desarrollado hasta el momento, y que puede ser de aplicación en programas de vacunación ya instaurados o venideros y en otras situaciones epidémicas futuras, ayudando a lograr los mejores resultados en salud mediante la utilización más eficiente de los recursos.

Carmen Olmedo y Aurora Limia son especialistas del Área de Vacunas. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.

Grupo de Trabajo de Modelos Matemáticos: Javier Díez Domingo (FISABIO), David Expósito Singh (Universidad Carlos III de Madrid), David Moriña Soler (Universidad de Barcelona), José L. Aznarte (UNED), José Almagro (Inverence), Amparo Larrauri Cámara (Centro Nacional de Epidemiología, CIBERESP, ISCIII), M. José Sierra Moros (CCAES).

Este artículo se publicó originalmente en [Voces expertas](#), una sección coordinada por SINC en la web de la estrategia de vacunación española vacunacovid.gob.es.

Derechos: **Creative Commons**.

TAGS

VACUNAS | VACUNACOID | VOCES EXPERTAS | VACUNOTECA |
MATEMÁTICAS | MODELOS MATEMÁTICOS | COVID-19 |

Creative Commons 4.0

Puedes copiar, difundir y transformar los contenidos de SINC. [Lee las](#)

[condiciones de nuestra licencia](#)