

# MODELIZACIÓN EPIDEMIOLÓGICA DEL COVID-19

## 22/03/2020

### Introducción

Este informe muestra la predicción a 3 días de casos de la pandemia de COVID-19, así como la predicción que se puede dar a día de hoy de cuándo se alcanzará el pico de casos reportados. Este informe se presenta diariamente porque las circunstancias de la enfermedad cambian cada día. Para este estudio hemos utilizado un modelo SIR con datos de casos reportados en España proporcionados diariamente por el Ministerio de Sanidad y publicados el día previo a la fecha del informe. Conviene tener en cuenta que la aplicación de las políticas para evitar nuevos casos, tardan unos días en verse reflejadas en el modelo, porque un caso contabilizado el día de hoy corresponde a una persona que lleva de 4-6 días infectado. El modelo SIR utilizado consiste en el siguiente sistema de ecuaciones en diferencias:

$$\begin{aligned} S(t+1) &= S(t) - \beta_t S(t) \frac{I(t)}{n_T}, \\ I(t+1) &= I(t) + \beta_t S(t) \frac{I(t)}{n_T} - \gamma I(t), \\ R(t+1) &= R(t) + \gamma I(t), \end{aligned} \quad (1)$$

donde:

- $S(t)$ ,  $I(t)$  y  $R(t)$  corresponden a la población susceptible, infectada y recuperada, respectivamente.
- $\beta_t, \gamma$  corresponden a la tasas de transmisión y recuperación respectivamente.
- $n_T$  corresponde a la población total de España.

Dada la naturaleza del COVID-19, las circunstancias en las que ha surgido y las decisiones que se van tomando diariamente contra la infección, el modelo asume que las tasas de contagio varían cada día.

### Calibrado

El primer paso consiste en determinar los parámetros del modelo  $\beta_t$  que hacen que el modelo se acerque lo más posible a los datos publicados por el ministerio. El resultado de este proceso, que se llama calibrado, aparece en la Figura 1. Como el ministerio ofrece los datos acumulados, y estamos trabajando con la información de que el tiempo que dura la enfermedad es de 14 días, los puntos rojos son los casos acumulados a día de hoy menos los casos acumulados hace 14 días. Llamaremos a estos **casos reportados activos**. Los datos acumulados de hace 14 días fueron **787**. La línea azul muestra el modelo calibrado.

Hasta ahora no utilizábamos los casos activos reportados, porque los casos acumulados de hace 14 días eran muy pocos y no tenían repercusión sobre las predicciones. A partir de ahora, los estudios vamos a realizarlos sobre casos reportados activos.

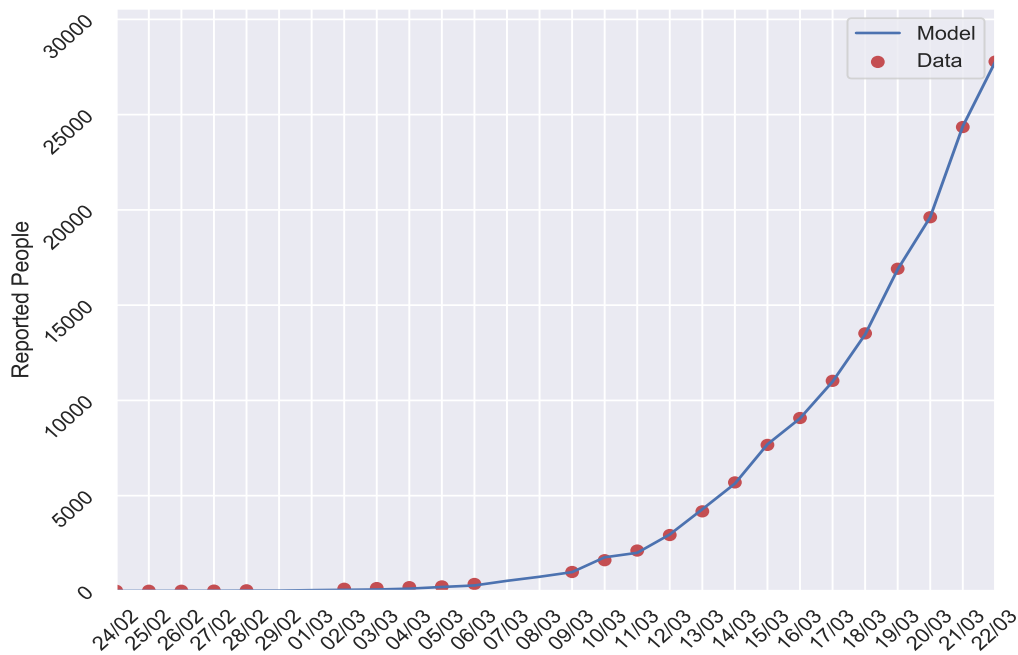


Figura 1: Los puntos rojos corresponden a los casos reportados activos por COVID-19 en España entre los días 24/02/2020 y 22/03/2020. La línea azul corresponde al modelo epidemiológico desarrollado con los  $\beta_t$  calibrados.

## Predicción

A la vista de los resultados mostrados en la Figura 1, si el modelo explica la situación actual fielmente, cabe esperar que nos pueda dar buenas predicciones.

Como estamos en un escenario de muchos cambios (mucha incertidumbre) realizaremos una predicción a 3 días. Para la predicción aplicaremos un método de MonteCarlo que permite hacer muchas simulaciones a 3 días y mostraremos la media y el intervalo de confianza del 95 por ciento de todas estas simulaciones. En la Figura 2, podemos ver la evolución hasta ahora y la predicción a 3 días con los intervalos de confianza.

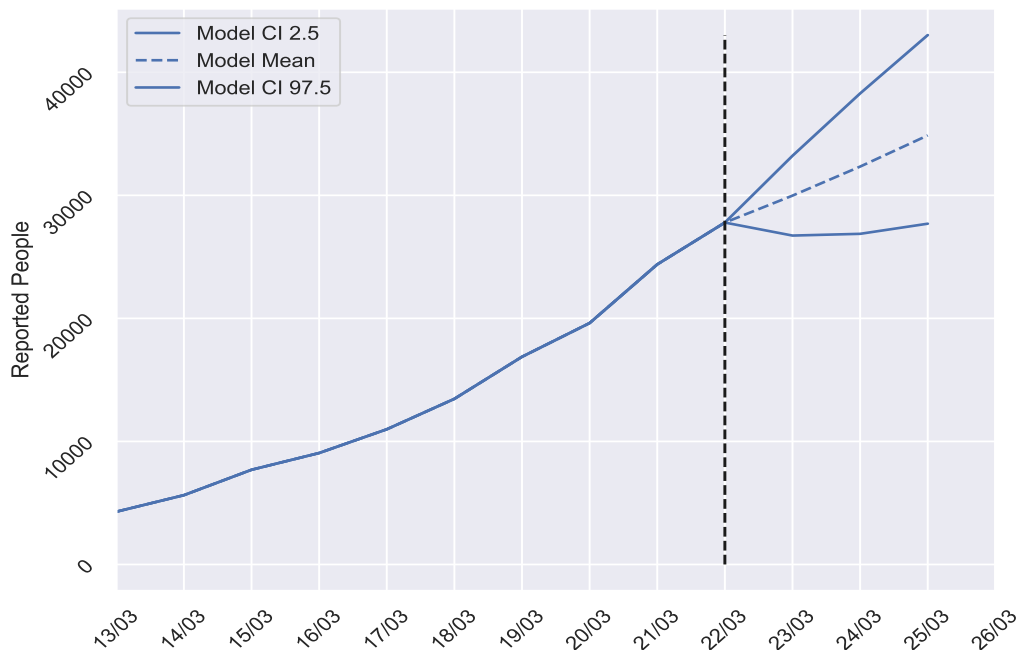


Figura 2: Predicción a 3 días (**22/03/2020 - 25/03/2020**) de los casos reportados activos en España.

Los valores predichos en la Figura 2 se pueden ver numéricamente en la Tabla 1.

	2020-03-23	2020-03-24	2020-03-25
Previsión mínima de reportados	26730	26872	27695
Previsión media de reportados	29977	32337	34871
Previsión máxima de reportados	33215	38281	43025

Tabla 1: Predicción de reportados activos por COVID-19 en España entre los días 22/03/2020 y 25/03/2020 .

## Validación

En este apartado vamos a ver si las predicciones realizadas en los 3 días anteriores se han cumplido. Para comprobarlo, vamos a mostrar las gráficas que generamos en los 3 informes anteriores (últimos 3 días), junto con los datos que ha publicado el ministerio los últimos 3 días. En las gráficas de la Figuras 3, 4 y 5, los datos aparecen como puntos de color rojo y la predicción la consideraremos acertada si los puntos rojos están dentro de las horquillas determinadas por los intervalos de confianza de las predicciones.

En lo que llevamos de seguimiento hasta ahora, el modelo esta prediciendo muy bien los casos reportados activos.

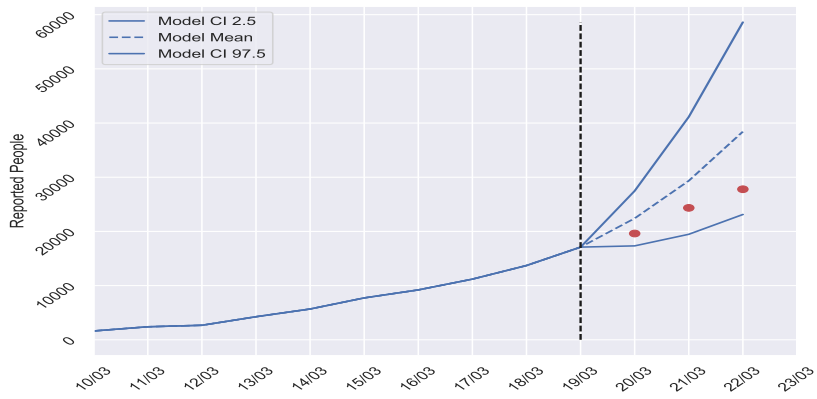


Figura 3: Predicción realizada hace 3 días.

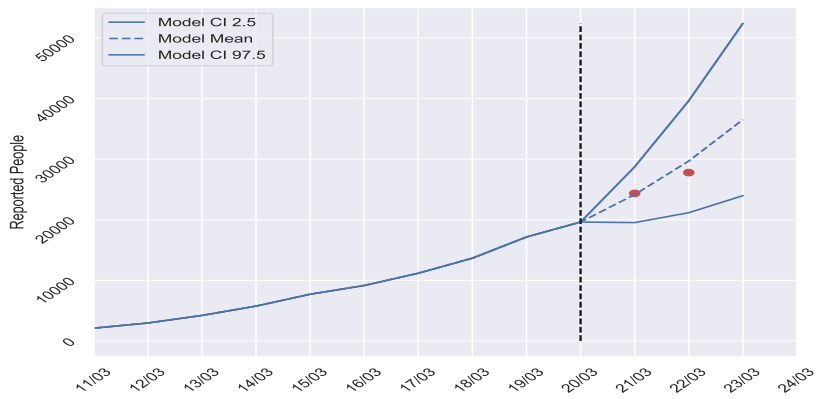


Figura 4: Predicción realizada hace 2 días.

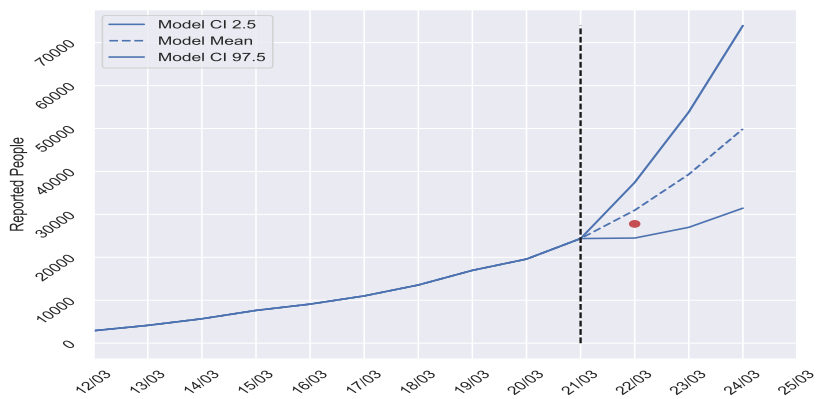


Figura 5: Predicción realizada hace 1 día.

## Predicción a largo plazo.

Uno de los aspectos que más preocupan en estos momentos es conocer cuando vamos a llegar al pico de infección, porque a partir de entonces, el número de infectados y de casos va a bajar. Este extremo, con un escenario tan cambiante como el actual, debe hacerse día a día. En la Figura 6 podemos ver que el pico se alcanzará entre el **20/05/2020 y 06/06/2020**.

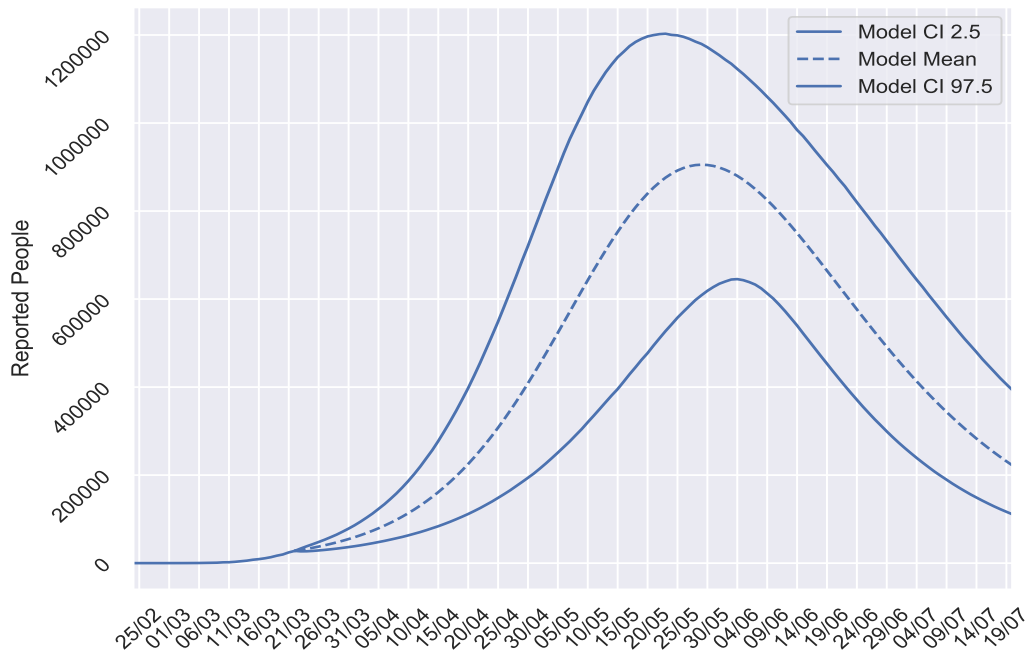


Figura 6: Predicción para conocer cuando aparecerá el pico de los casos reportados activos.

## Comentario final

Parece que hoy ya se nota el efecto del estado de alarma. Esto se refleja en la previsión del pico, que se retrasa, y en la previsión del número de casos reportados activos, que disminuye de casi 2 millones y medio a unos 800.000 (ver Figuras 6 y 7). Vamos a estar atentos los próximos días y esperamos que esta bajada pueda mantenerse.

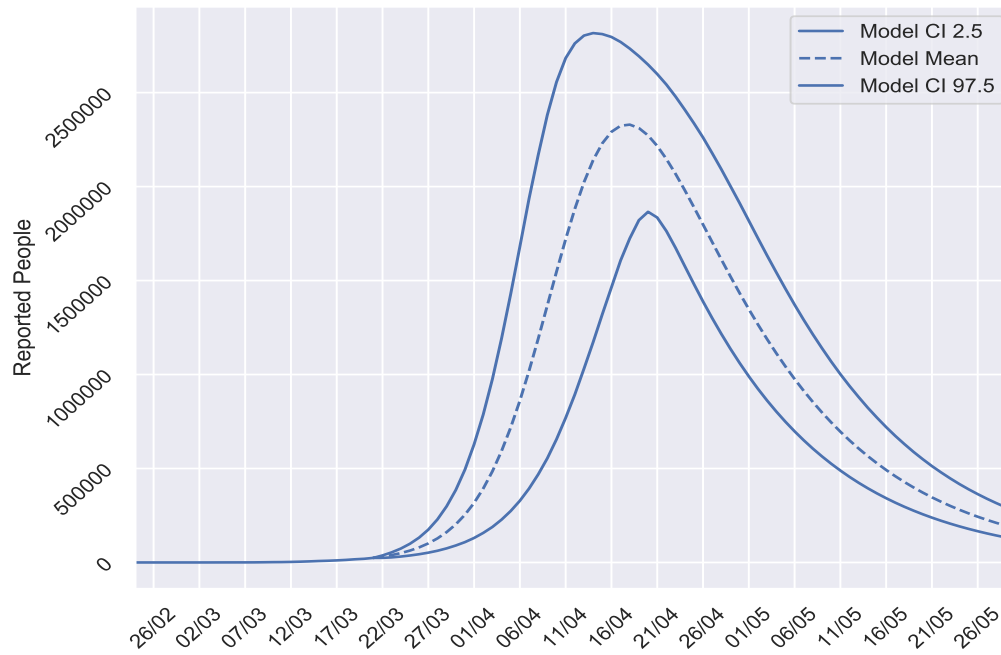


Figura 7: Predicció per conèixer quan apareixerà el pic de les cases reportades actives realitzada el dia 21/03/2020.



.....  
Este informe ha sido realizado por el equipo de investigación MUNQU del Instituto Universitario de Matemática Multidisciplinar de la Universitat Politècnica de València.

Este equipo está formado por Clara Burgos Simón, Juan Carlos Cortés López, Elena López Navarro, David Martínez Rodríguez, Pablo Martínez Rodríguez, Raúl S. Julián y Rafael Jacinto Villanueva Micó.

Queremos agradecer al Dr. Javier Díez-Domingo @javierdiezd, responsable del Área de Vacunas de FISABIO, por sus sugerencias y asesoramiento.