

MODELIZACIÓN EPIDEMIOLÓGICA DEL COVID-19

19/03/2020

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:

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

donde:

- $S(t)$, $I(t)$ y $R(t)$ corresponden a la población susceptible, infectada y recuperada, respectivamente.
- β_t, γ 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 β_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, donde los puntos rojos muestran los datos y la línea azul muestra el modelo calibrado.

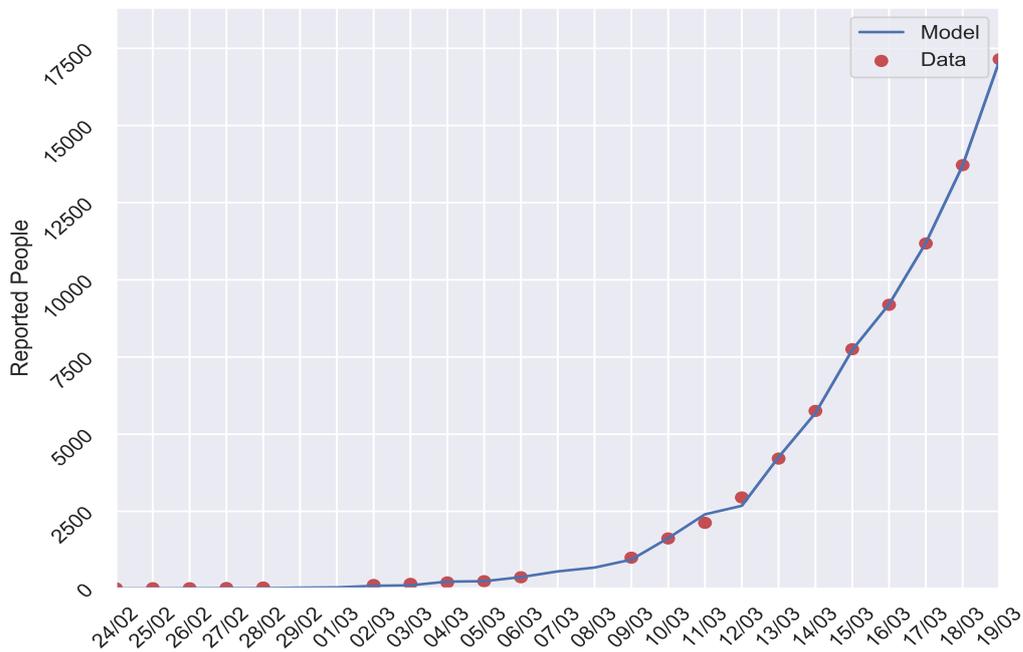


Figura 1: Los puntos rojos corresponden a los casos reportados por COVID-19 en España entre los días 24/02/2020 y 19/03/2020. La línea azul corresponde al modelo epidemiológico desarrollado con los β_t calibrados.

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.

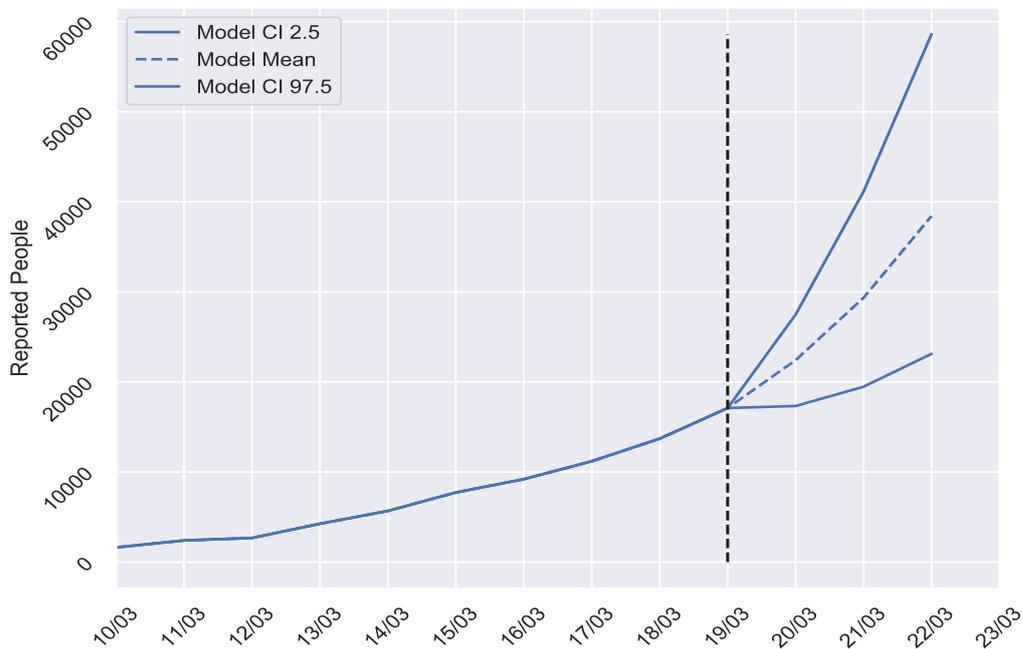


Figura 2: Predicción a 3 días (19/03/2020 - 22/03/2020) de los casos reportados en España.

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

| | 2020-03-20 | 2020-03-21 | 2020-03-22 |
|--------------------------------|------------|------------|------------|
| Previsión mínima de reportados | 17333 | 19472 | 23124 |
| Previsión media de reportados | 22413 | 29348 | 38417 |
| Previsión máxima de reportados | 27482 | 41139 | 58613 |

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

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.

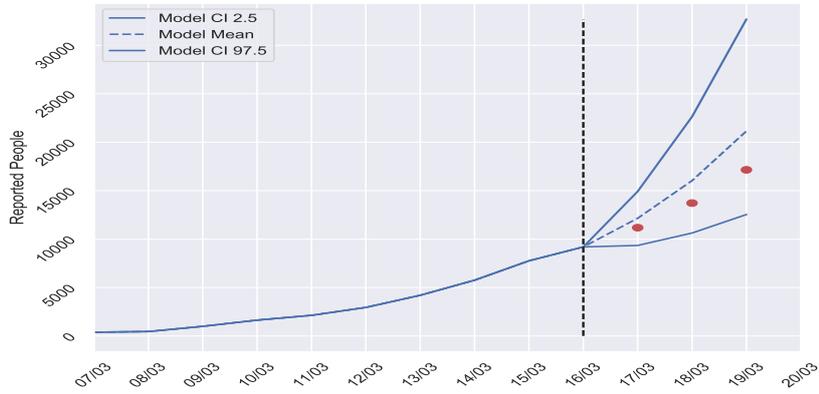


Figura 3: Predicción realizada hace 3 días.

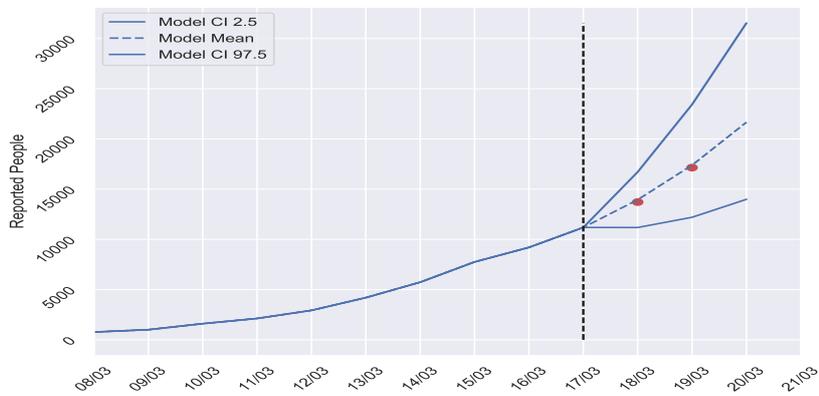


Figura 4: Predicción realizada hace 2 días.

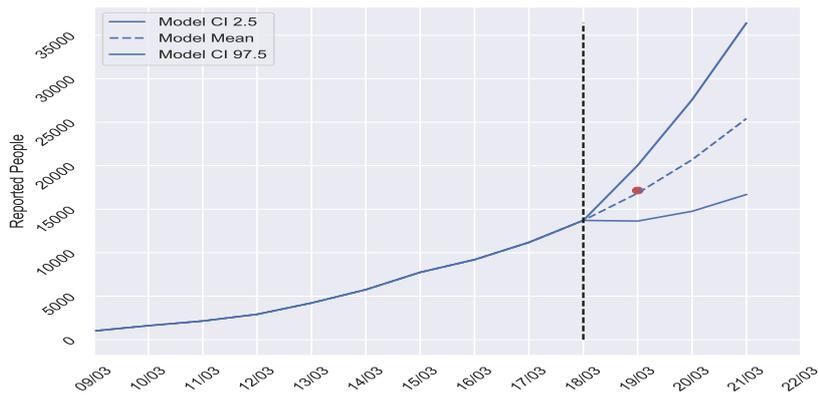


Figura 5: Predicción realizada hace 1 día.

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 **8/04/2020 y 18/04/2020**.

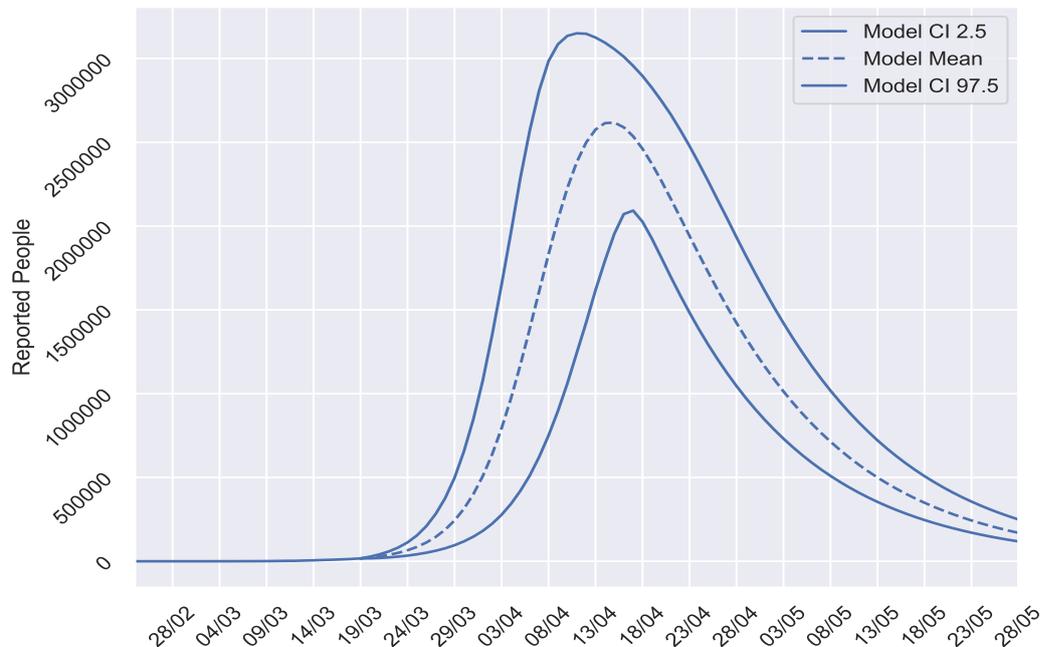


Figura 6: Predicción para conocer cuando aparecerá el pico de los casos reportados.

Comentario final

En estos momentos, todavía no aparece en el modelo el efecto del confinamiento, pero sí la concienciación que hubo los días previos al estado de alarma. A pesar de esto, en el día de hoy ha habido un aumento sensible del número de casos reportados que ha afectado a nuestra predicción, en donde vemos que el pico se ha adelantado una semana respecto al día de ayer, a costa de aumentar el número de casos esperados para el pico (de un poco más de 2 millones en media, hasta un poco más de 2 millones y medio) como se puede ver comparando las Figuras 6 y 7.

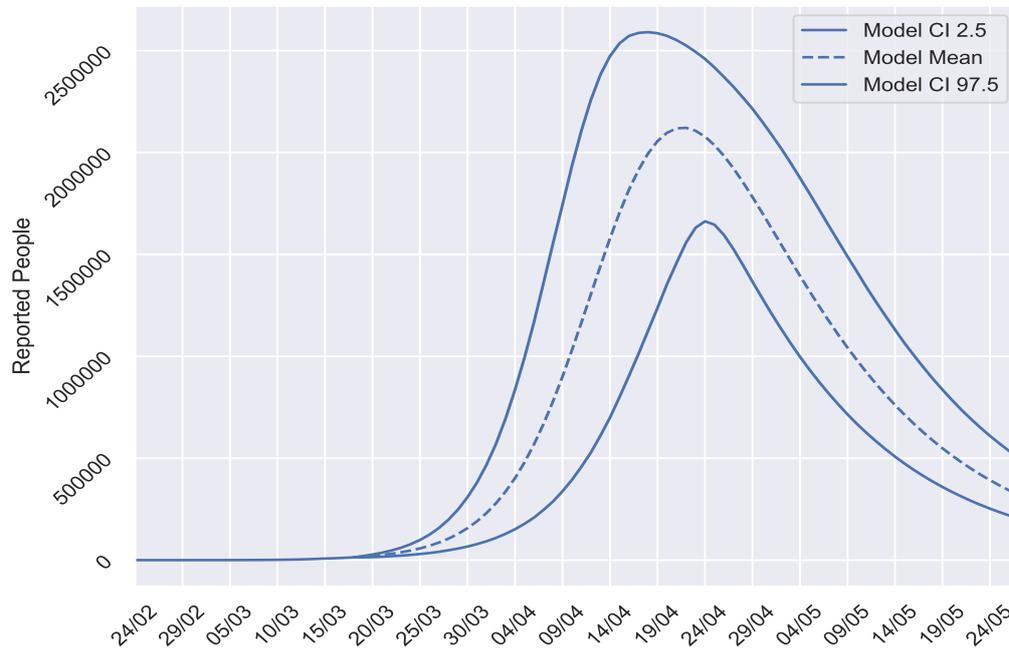


Figura 7: Predicció per conèixer quan apareixerà el pic de los casos reportats realitzada el dia 18/03/2020.



.....
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 San Julián Garcés 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.