

MODELIZACI3N EPIDEMIOL3GICA DEL COVID-19

20/03/2020

Introducci3n

Este informe muestra la predicci3n a 3 d3as de casos de la pandemia de COVID-19, as3 como la predicci3n que se puede dar a d3a de hoy de cu3ndo se alcanzar3 el pico de casos reportados. Este informe se presenta diariamente porque las circunstancias de la enfermedad cambian cada d3a. Para este estudio hemos utilizado un modelo SIR con datos de casos reportados en Espa3a proporcionados diariamente por el Ministerio de Sanidad y publicados el d3a previo a la fecha del informe. Conviene tener en cuenta que la aplicaci3n de las pol3ticas para evitar nuevos casos, tardan unos d3as en verse reflejadas en el modelo, porque un caso contabilizado el d3a de hoy corresponde a una persona que lleva de 4-6 d3as 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 poblaci3n susceptible, infectada y recuperada, respectivamente.
- β_t, γ corresponden a las tasas de transmisi3n y recuperaci3n respectivamente.
- n_T corresponde a la poblaci3n total de Espa3a.

Dada la naturaleza del COVID-19, las circunstancias en las que ha surgido y las decisiones que se van tomando diariamente contra la infecci3n, el modelo asume que las tasas de contagio var3an cada d3a.

Calibrado

El primer paso consiste en determinar los par3metros del modelo β_t que hacen que el modelo se acerque lo m3s 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 l3nea azul muestra el modelo calibrado.

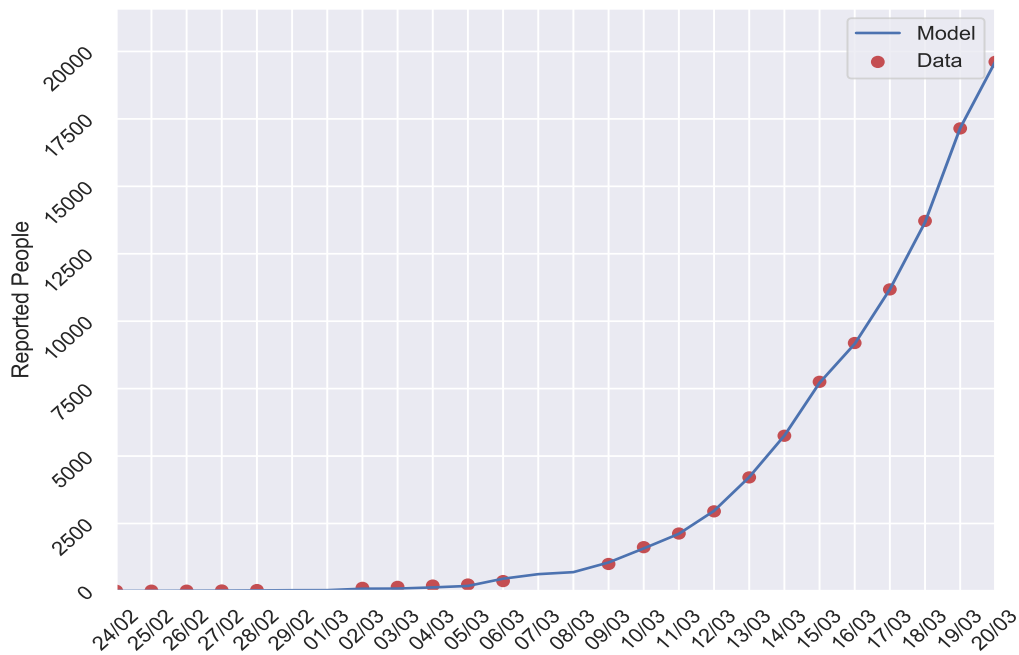


Figura 1: Los puntos rojos corresponden a los casos reportados por COVID-19 en España entre los días 24/02/2020 y 20/03/2020. La línea azul corresponde al modelo epidemiológico desarrollado con los β_t calibrados.

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.

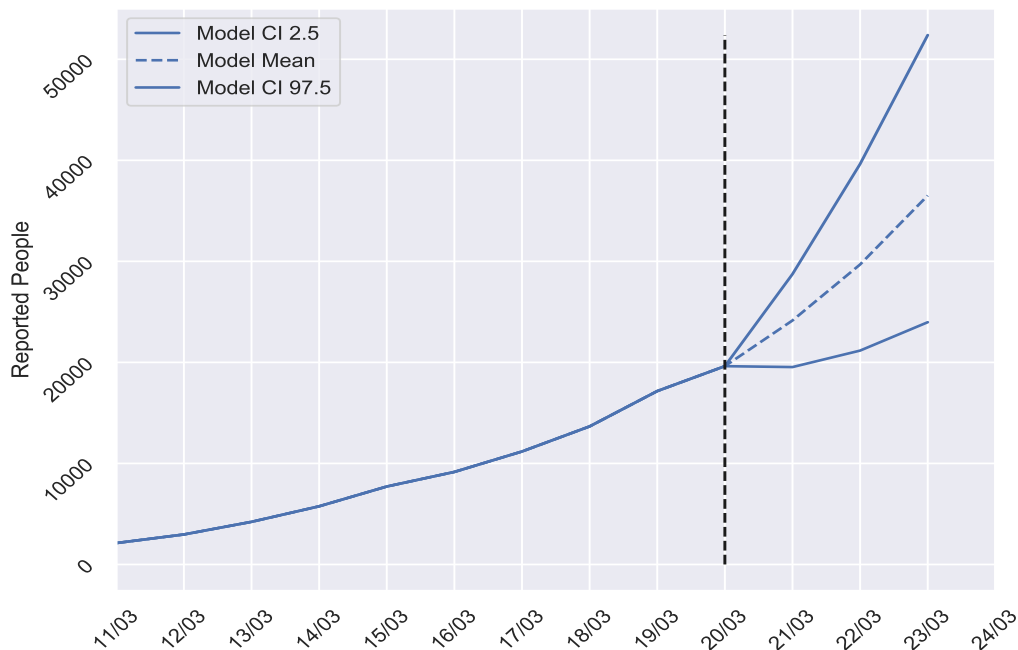


Figura 2: Predicción a 3 días (20/03/2020 - 23/03/2020) de los casos reportados en España.

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

| | 2020-03-21 | 2020-03-22 | 2020-03-23 |
|--------------------------------|------------|------------|------------|
| Previsión mínima de reportados | 19536 | 21168 | 23975 |
| Previsión media de reportados | 24150 | 29691 | 36514 |
| Previsión máxima de reportados | 28739 | 39638 | 52395 |

Tabla 1: Predicción de reportados por COVID-19 en España entre los días 20/03/2020 y 23/03/2020

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.

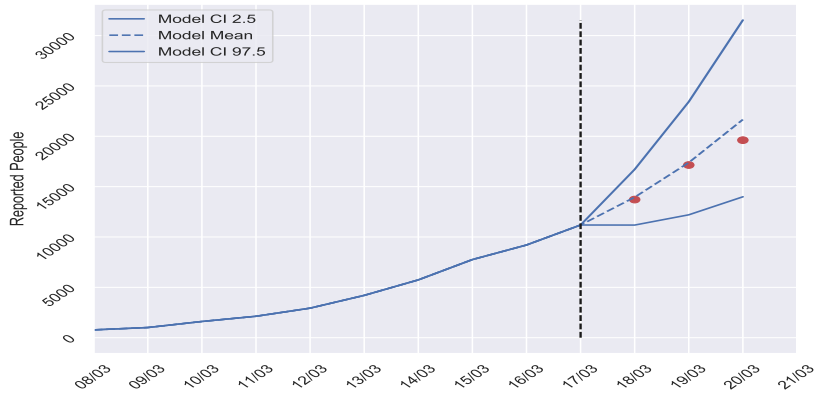


Figura 3: Predicción realizada hace 3 días.

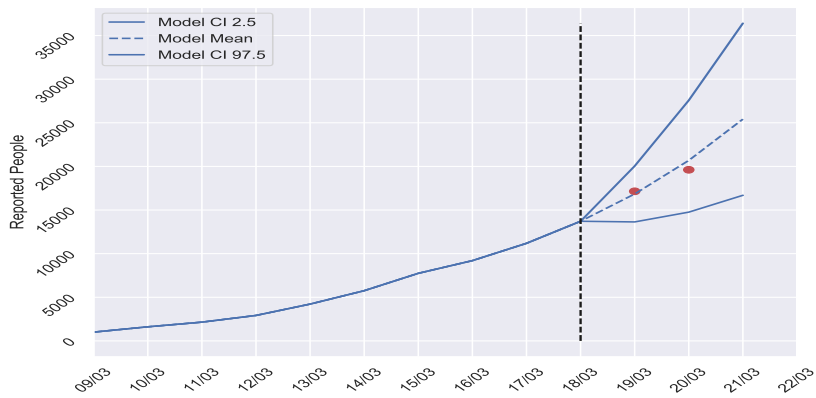


Figura 4: Predicción realizada hace 2 días.

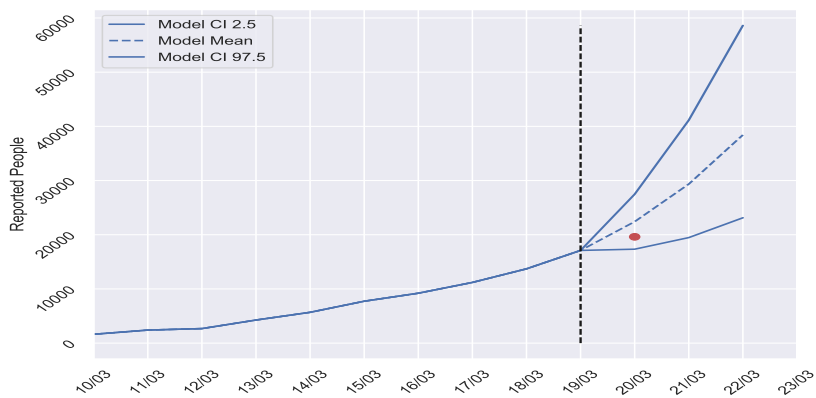


Figura 5: Predicción realizada hace 1 día.

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 **15/04/2020 y 27/04/2020**.

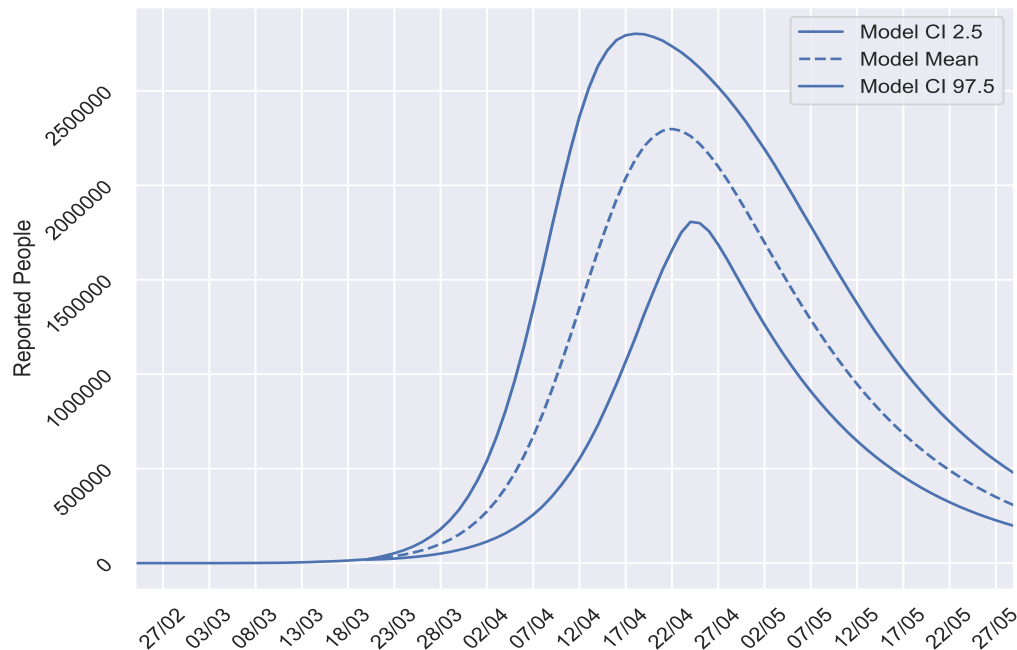


Figura 6: Predicción para conocer cuando aparecerá el pico de los casos reportados.

Comentario final

A medida que van pasando los días, se va conociendo más sobre el virus y como diagnosticar a los pacientes de una forma más certera. Por otra parte, la prestigiosa revista *New England Journal of Medicine* ha liberado todos los artículos que ha publicado recientemente sobre el coronavirus. Nuevas revelaciones nos están moviendo a replantearnos el modelo y, por tanto, las predicciones. Desafortunadamente, uno de los descubrimientos apuntados por uno de esos artículos apunta a que el período de incubación de la enfermedad es de 4 días, lo que creemos que va a retrasar el momento en que se empiece a notar el efecto de la cuarentena.

Volviendo al informe presente, el aumento de casos ha sido menor y estamos volviendo a una situación en la que se retrasa el pico, pero se reduce el número de casos esperados en dicho pico (Figuras 6 y 7).

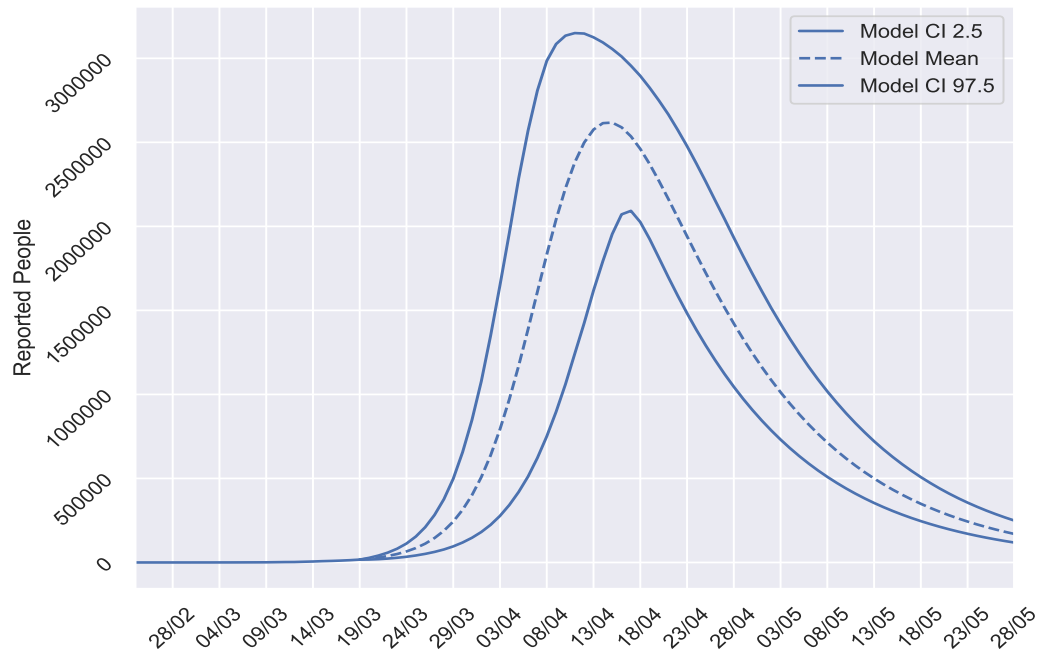


Figura 7: Predicció per conèixer quan apareixerà el pico de los casos reportados realizada el dia 19/03/2020.



.....
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 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.