

Modelado y análisis de la evolución de una epidemia vírica mediante filtros de Kalman: el caso del COVID-19 en España

Antonio Gómez Expósito, Catedrático de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla

José A. Rosendo Macías, Catedrático de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla

Miguel A. González Cagigal, Becario FPU, Universidad de Sevilla

Nota: Los resultados mostrados en este documento reflejan los datos disponibles a 02 de abril de 2020. Se incluye sólo la sección de Resultados, y se remite al lector al documento original de 24 de marzo para el resto de material (Introducción, Metodología, etc.), así como a la nota divulgativa que se añadió el 1 de abril, que se pueden descargar de: <https://idus.us.es/handle/11441/94508>

Resumen

En el informe de hoy se ha cambiado el formato para hacerlo más legible, y se han unificado los informes correspondientes al ámbito nacional y andaluz.

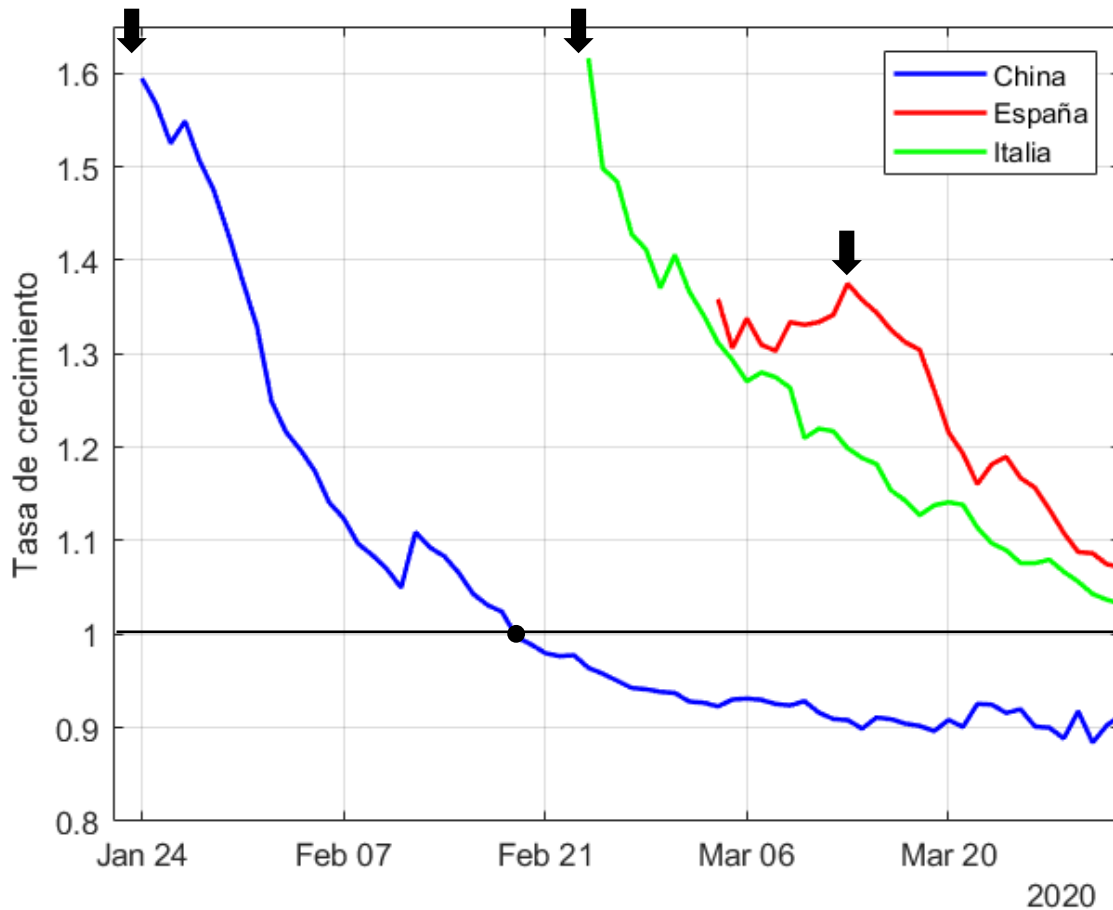
Notación

$r(n)$: razón geométrica variable en el tiempo del número de infectados por el Covid-19 en cada instante de tiempo n . Dicha razón se puede estimar aunque el número de infectados no llegue nunca a saberse con certeza.

$\alpha(n)$: tasa que modela la fracción de infectados que resultan positivos, para considerar la posibilidad real de que haya más infectados que los reportados como positivos.



Estimación de la tasa de crecimiento para diferentes países

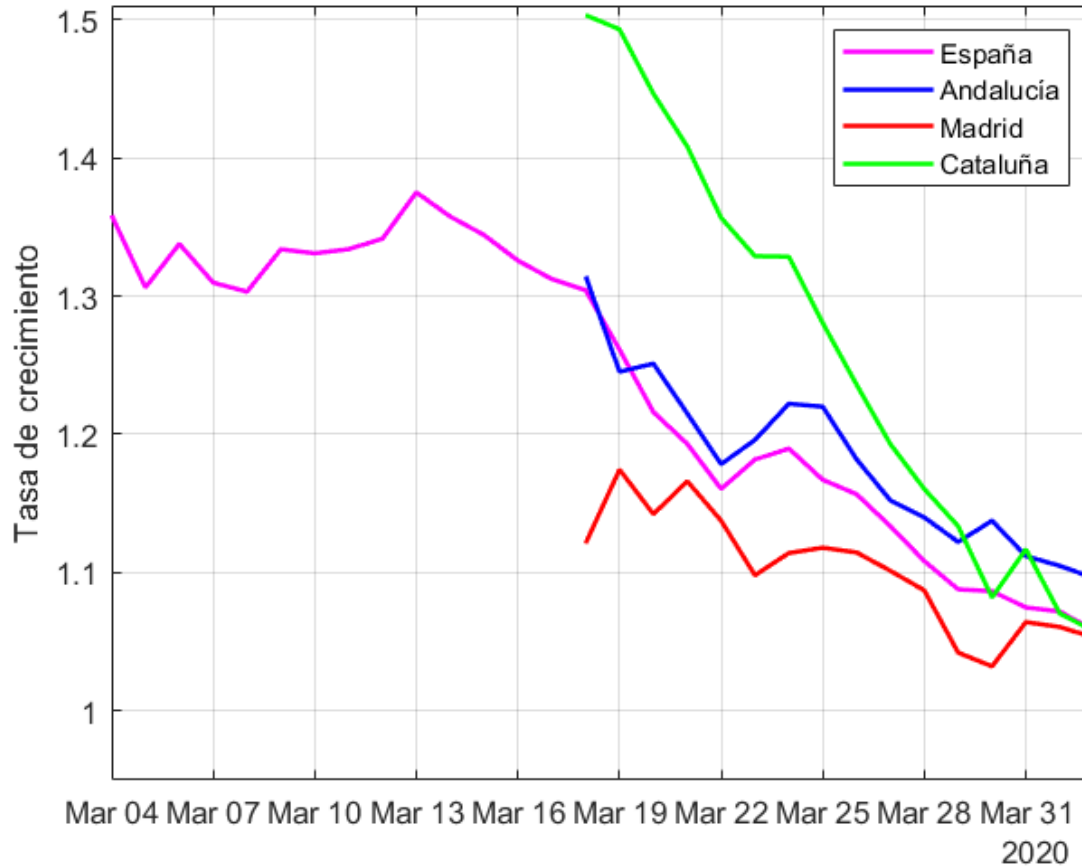


En el gráfico se ha marcado (flecha) el punto de inicio del confinamiento en los tres países representados. En el caso de China solo se disponen de datos a partir del día 24 de enero, empezando el confinamiento en este país el día 22 de ese mes, casi dos meses antes que en España.

Puede verse cómo las tres curvas de la tasa de crecimiento tienden a un valor asintótico, que prácticamente ya se ha alcanzado en China.

Por otra parte, aunque el punto de inicio de $r(n)$ difiere para cada país, las gráficas permiten comparar el ritmo de descenso de esta tasa, estando el de España en un valor intermedio entre China e Italia.

Estimación de la tasa de crecimiento para diferentes comunidades

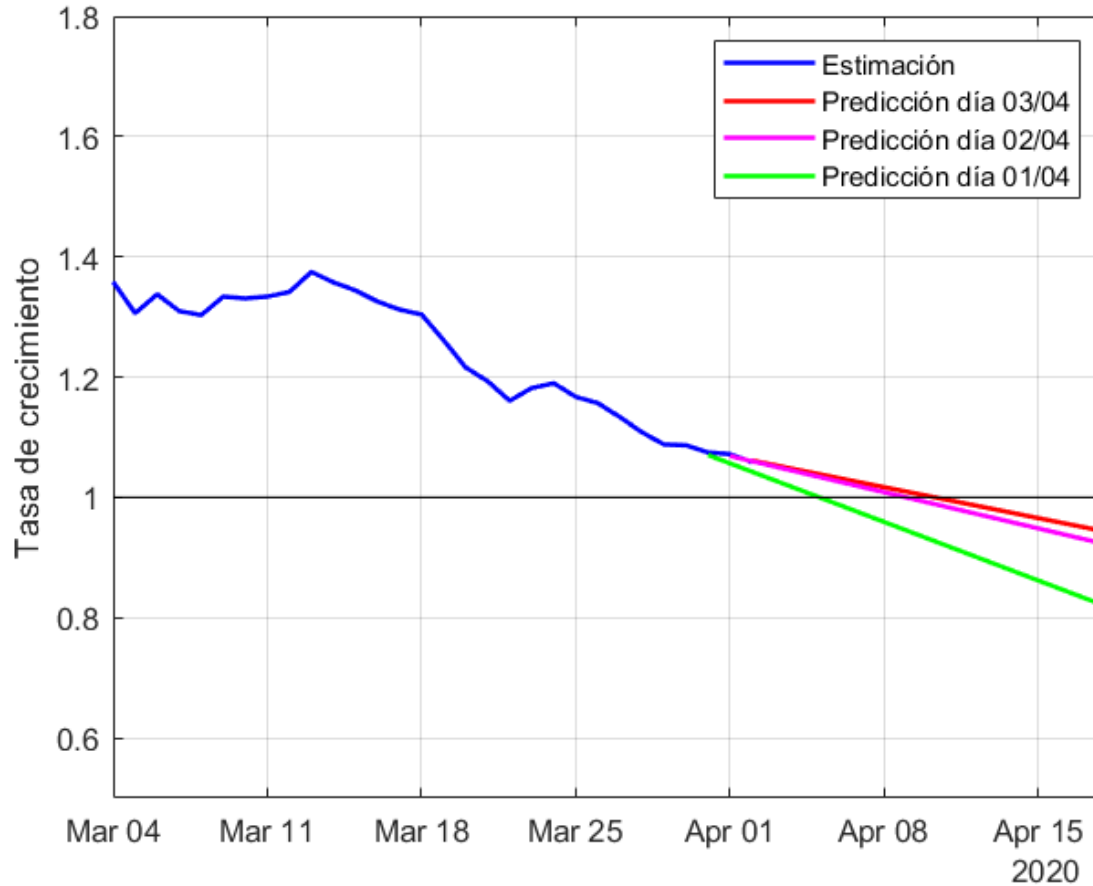


En el ámbito nacional, se ha representado la evolución de la tasa de crecimiento estimada para diferentes comunidades autónomas, comparando los valores con el valor promedio de España.

En todas las comunidades se aprecia una clara tendencia descendente de $r(n)$, siendo la pendiente más acusada en el caso de Cataluña, aunque su valor inicial era considerablemente superior al del resto de comunidades.

En estos momentos, parece que Andalucía va un poco retrasada respecto al resto.

Predicción de la tasa de crecimiento de España en los tres últimos días



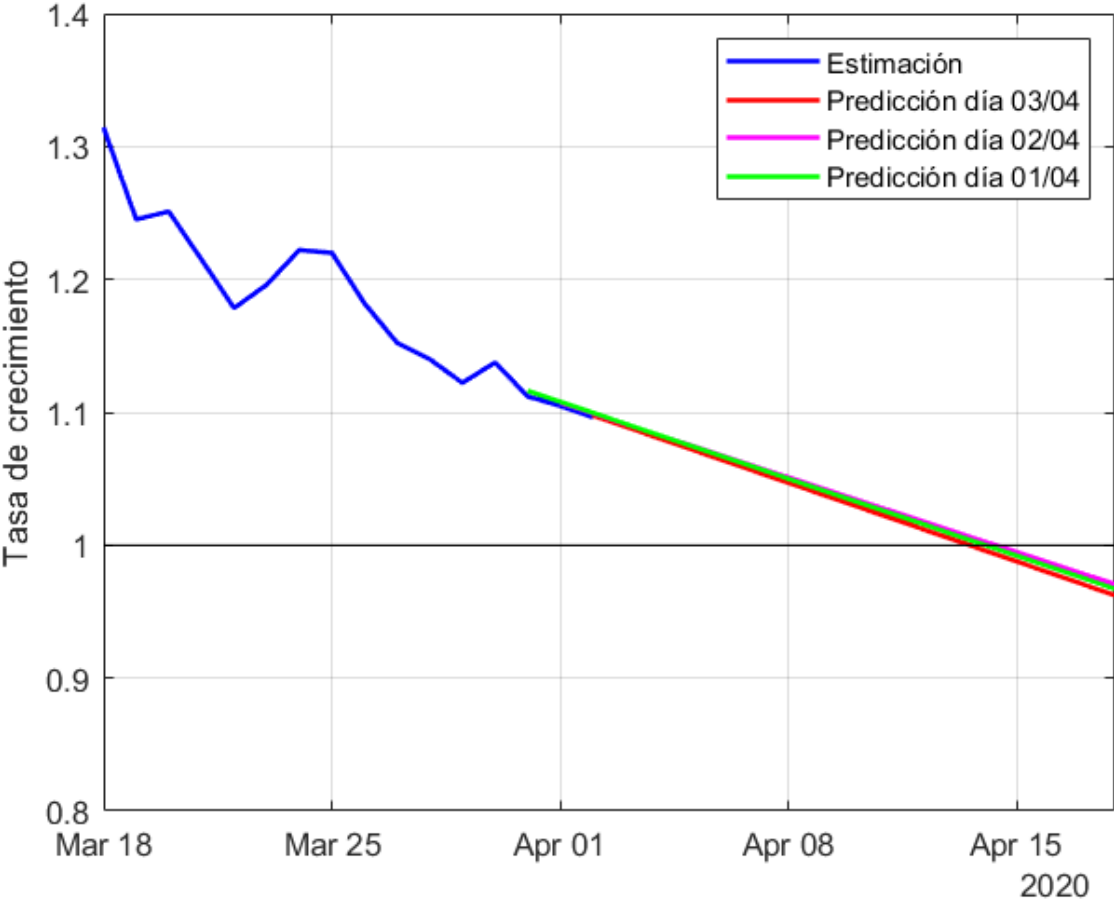
Para realizar una predicción de la tasa de crecimiento, se ha realizado una extrapolación lineal tomando una ventana de los 5 últimos datos disponibles para cada uno de los 3 últimos días.

Destaca claramente cómo en los dos últimos días la predicción del paso por 1 de la tasa de crecimiento se ha retrasado, pasando a estar en torno al día 8-10 de abril, a consecuencia del aplanamiento de la curva, que sugiere una meseta más que un pico.

En la tabla se muestra un indicador de la bondad del ajuste para cada día.

Día de predicción	R^2
01/04/2020	0.9057
02/04/2020	0.9039
03/04/2020	0.9334

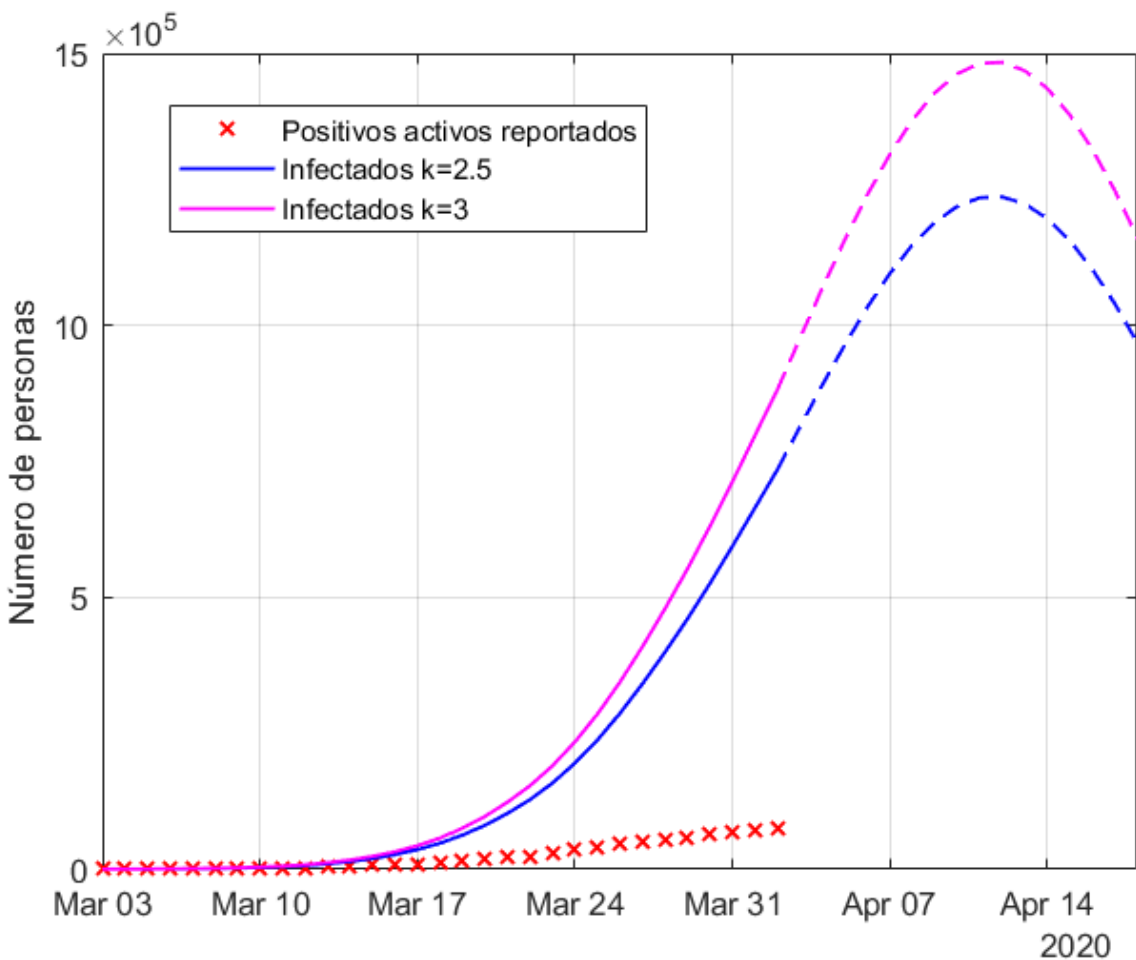
Predicción de la tasa de crecimiento de Andalucía en los tres últimos días



Repitiendo el mismo procedimiento en la comunidad andaluza puede apreciarse cómo la predicción no cambia significativamente en los tres últimos días, estableciéndose en cada caso una predicción del paso por 1 de la tasa de crecimiento entre los días 13 y 14 de abril.

Día de predicción	R^2
01/04/2020	0.8983
02/04/2020	0.8798
03/04/2020	0.8882

Predicción del número de infectados activos en España



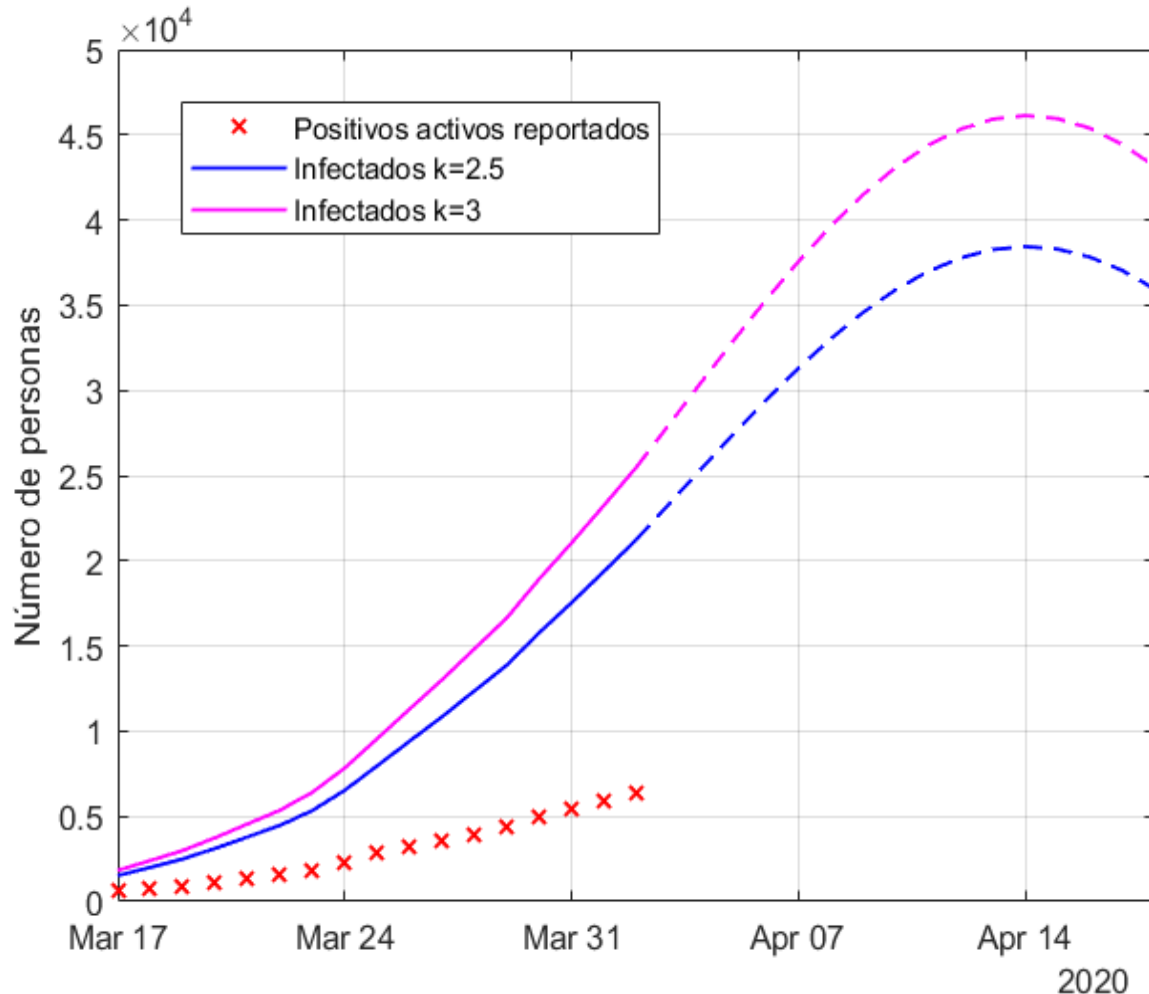
Valores estimados en línea continua y predicciones en discontinua

Con el valor de $r(n)$ estimado y su correspondiente extrapolación lineal (tomando una ventana de los 5 últimos datos disponibles), se ha calculado el valor estimado y la predicción de los próximos días del número de infectados activos en España, descontando las personas fallecidas y los recuperados.

Se ha considerado que el número inicial de infectados, $I(0)$, es proporcional al número de positivos activos reportados en el mismo instante, $P(0)$, a través de un factor k tal que $I(0) = k \cdot P(0)$, asumiendo que el valor de k puede encontrarse entre 2.5 y 3.

En el territorio nacional, se prevé que el número máximo de personas infectadas activas esté entre 1.2 y 1.5 millones de personas.

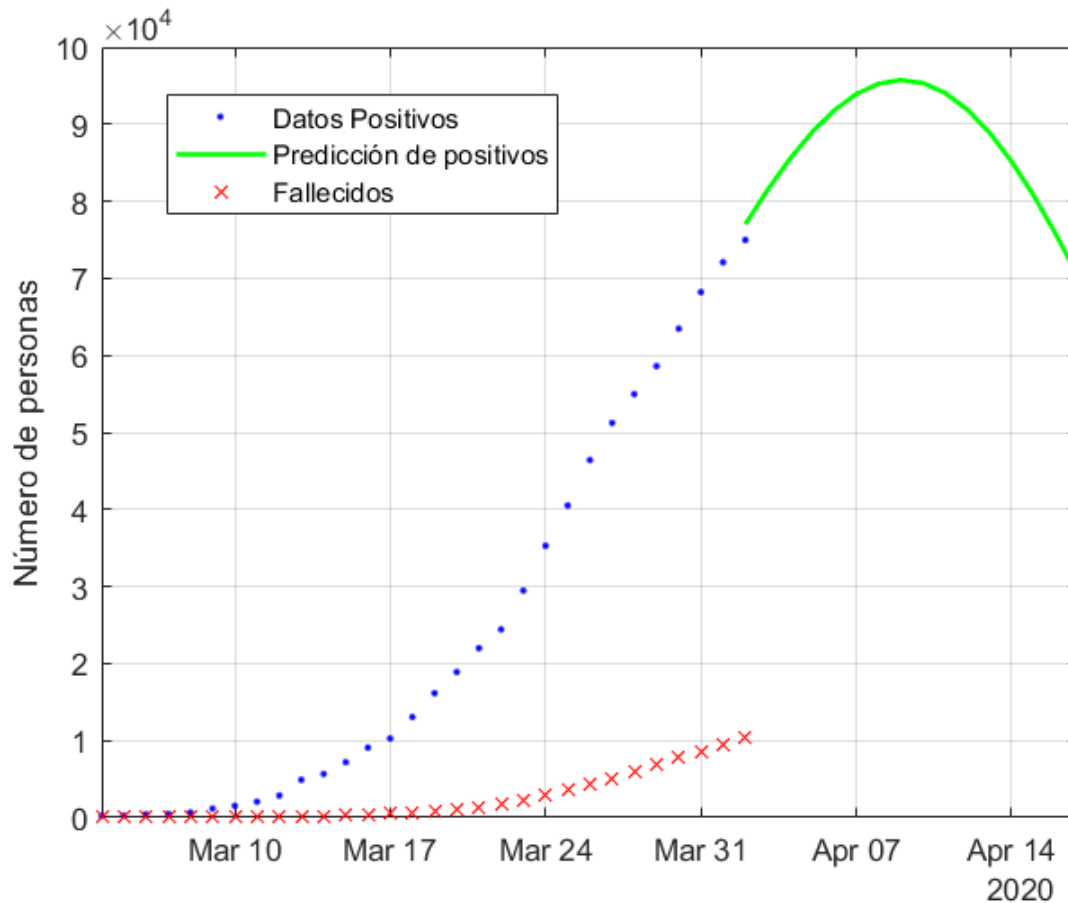
Predicción del número de infectados activos en Andalucía



Con las mismas consideraciones en lo que concierne al factor k , se ha repetido el proceso en Andalucía para obtener el número máximo de personas infectadas activas en esta comunidad, el cual se encuentra entre 38 y 46 mil personas.

Valores estimados en línea continua y predicciones en discontinua

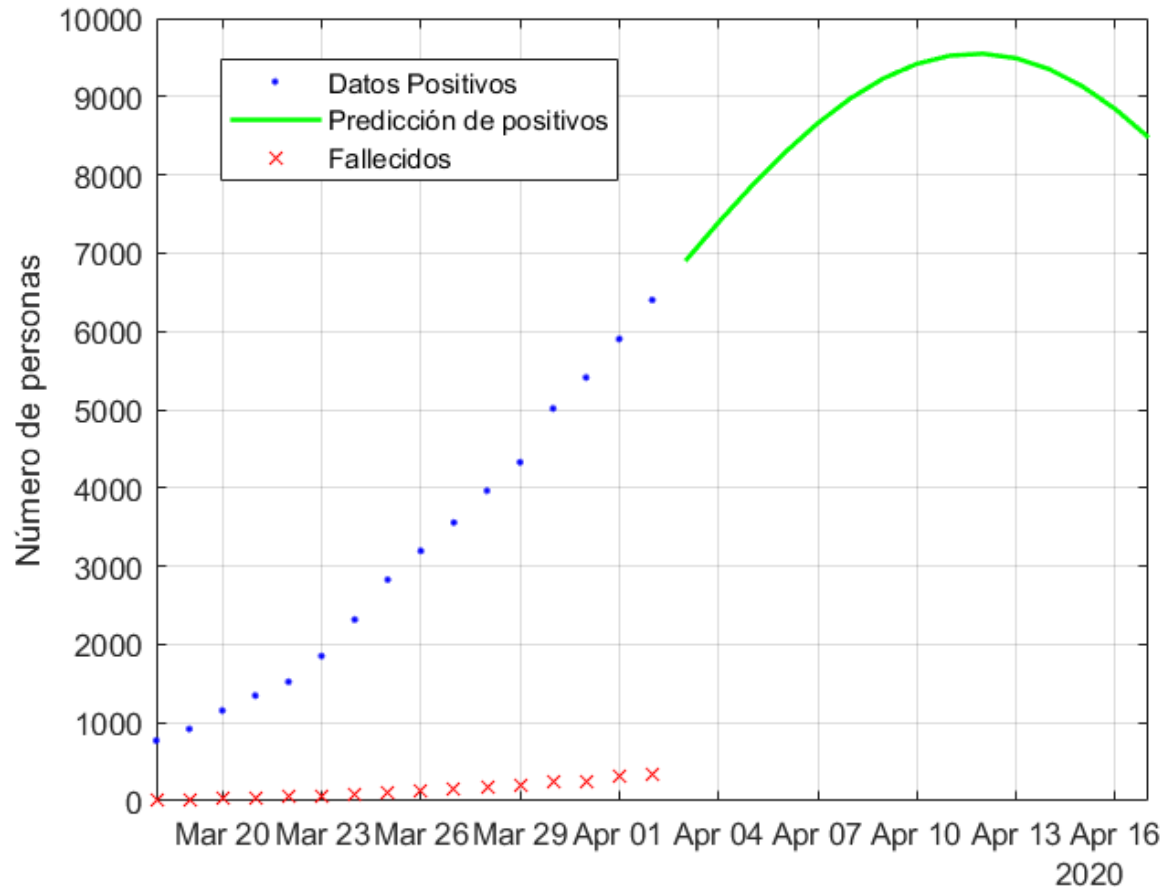
Predicción del número de positivos activos reportados en España



Para una ventana de 5 datos, se representa la predicción de positivos activos junto con el dato de fallecidos. Para la obtención de los primeros, ha sido necesario el cálculo de la tasa $a(n)$, cociente entre los positivos reportados y los infectados estimados, mediante filtro de Kalman, suponiendo que estos valores se pueden ajustar mediante una exponencial, que permite establecer una predicción del número de positivos reportados en los próximos días.

En el pico, se prevé que el número de positivos activos esté entre 90 y 100 mil personas.

Predicción del número de positivos activos reportados en Andalucía



De forma análoga, se ha obtenido que el número máximo de positivos activos reportados en la comunidad andaluza esté entre 9 y 10 mil personas cuando se alcance el pico.