

Análisis de la evolución del COVID-19 mediante filtros de Kalman

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: Este documento muestra los resultados obtenidos con los datos disponibles a 6 de abril de 2020. Dado que los resultados incluyen otros países, y que se ha mejorado el modelado de predicción, los informes se denominan “v2” desde el 6 de abril. Se remite al lector interesado a la serie de documentos “v1” publicados desde el 24 de marzo para el caso de España, incluyendo la nota explicativa del 1 de abril, y el Anexo del 6 de abril, que complementan este documento y que se pueden descargar de: <https://idus.us.es/handle/11441/94508>

Resumen

En el informe de hoy, además de actualizar los resultados de España, Italia y las comunidades autónomas, se incluyen las estimaciones y predicciones para Estados Unidos y Reino Unido, que están sufriendo la pandemia con un retraso de entre una y dos semanas respecto a otros países.

Notación

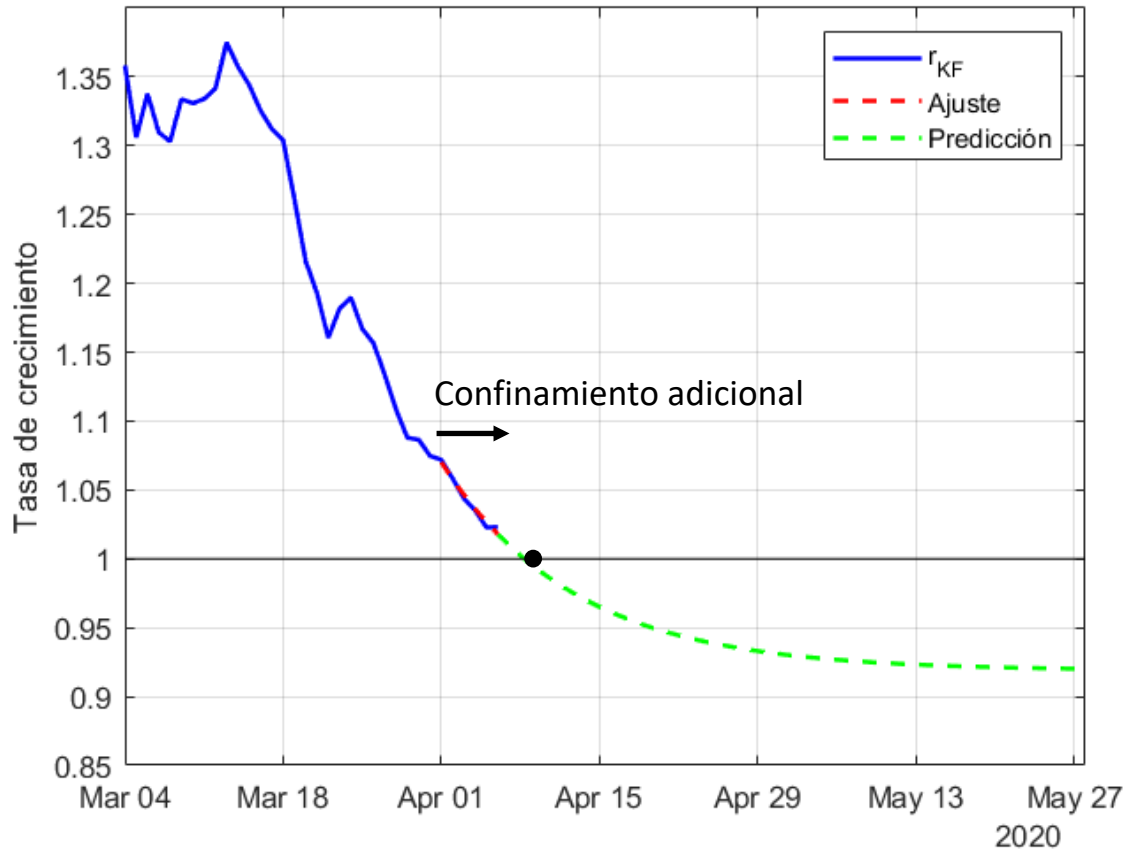
$r(n)$: razón geométrica variable en el tiempo del número de infectados por el Covid-19 en cada instante de tiempo n . Dicha razón se puede estimar aunque el número de infectados no llegue nunca a saberse con certeza.

$\alpha(n)$: 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.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Análisis de la tasa de crecimiento en España

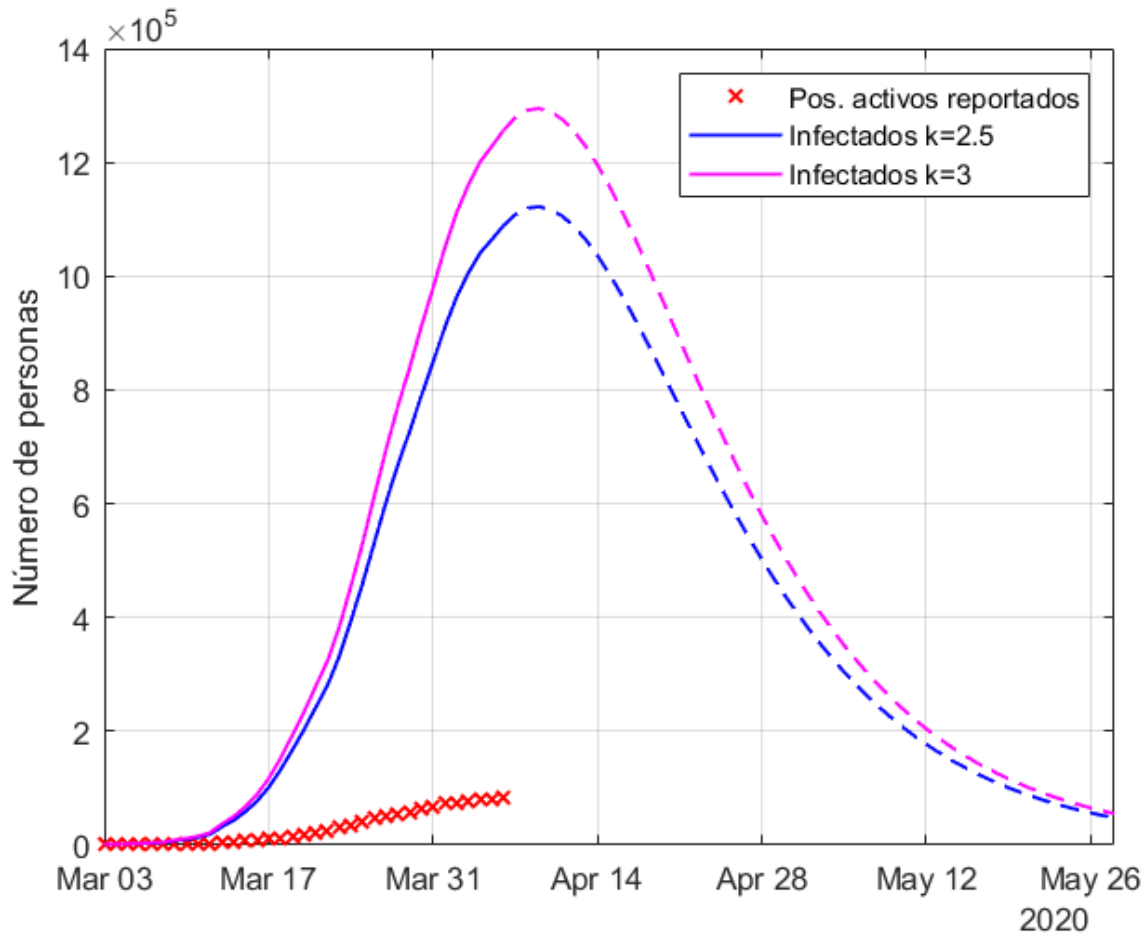


El método propuesto se basa en la obtención de un ajuste exponencial que permita realizar una extrapolación de $r(n)$, habiéndose validado este procedimiento con el caso de China, como se mostró en el informe del día 6 de abril. Se han tomado los últimos 5 datos disponibles para el cálculo del mencionado ajuste, pretendiendo reflejar los efectos del confinamiento adicional que se decretó en España el día 31 de marzo.

El resultado, mostrado en la figura, conduce a una fecha más próxima para el paso por 1 (pico), en torno al día 8 de abril, con un valor asintótico de la tasa de crecimiento próximo a 0,92 (similar al de otros países como China).

Este ajuste será utilizado para la obtención de los datos que se van a mostrar a continuación.

Predicción del número de infectados activos en España



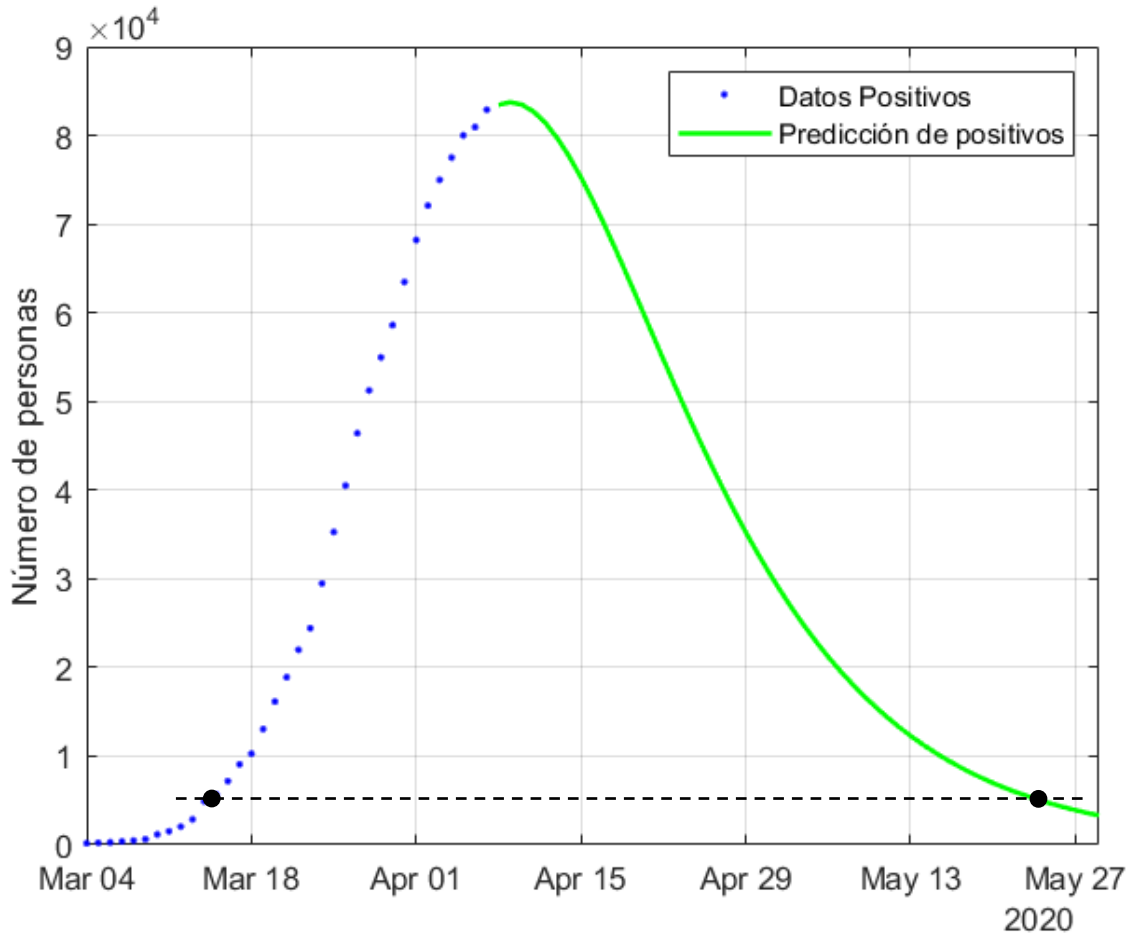
Valores estimados en línea continua y predicciones en discontinua

Con el valor de $r(n)$ estimado y su correspondiente extrapolación a futuro exponencial, se ha calculado el valor estimado y la predicción de los próximos días del número de infectados activos en España, o sea, descontando las personas fallecidas y las recuperadas.

Como en anteriores informes, se ha considerado que el número de infectados en el instante inicial estaba entre 2,5 y 3 veces el número de positivos confirmados en aquel momento (si se supone que dicho número era 5, por ejemplo, bastaría con multiplicar por dos la curva de 2,5).

En el territorio nacional, se prevé que el número máximo de personas infectadas activas esté entre 1.1 y 1.3 millones de personas, para los números iniciales considerados.

Predicción del número de positivos activos reportados en España

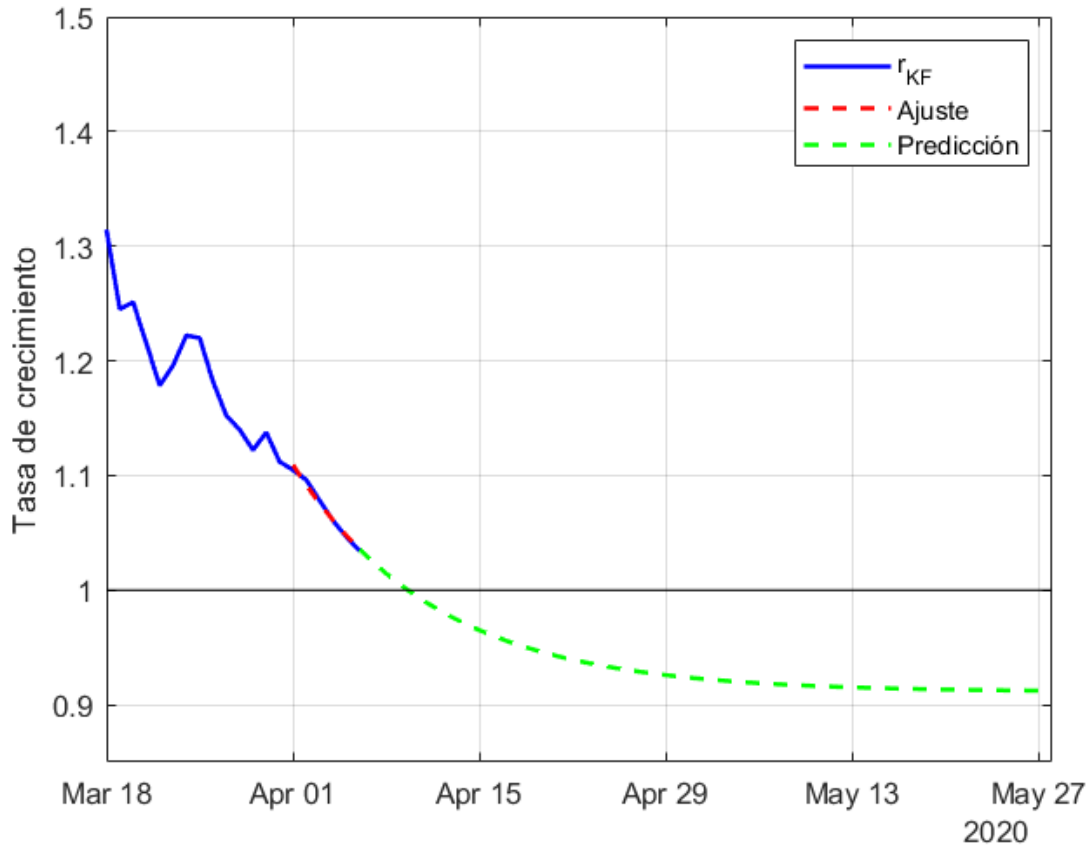


Finalmente, se muestra para el territorio español la predicción del número de positivos activos reportados, pudiendo verse que, en el pico, el número de positivos activos previstos está entre 80 y 90 mil personas.

Un aspecto importante en el estado actual es poder predecir en qué momento el número de personas afectadas será inferior a un determinado valor. En este caso, se ha considerado como referencia el número de positivos reportados el día 15 de marzo, cuando se inició el estado de alarma y primer distanciamiento social.

Este número, correspondiente a 5.678 personas, no se volverá a alcanzar hasta fechas próximas al 23 de mayo (como sugiere la línea discontinua).

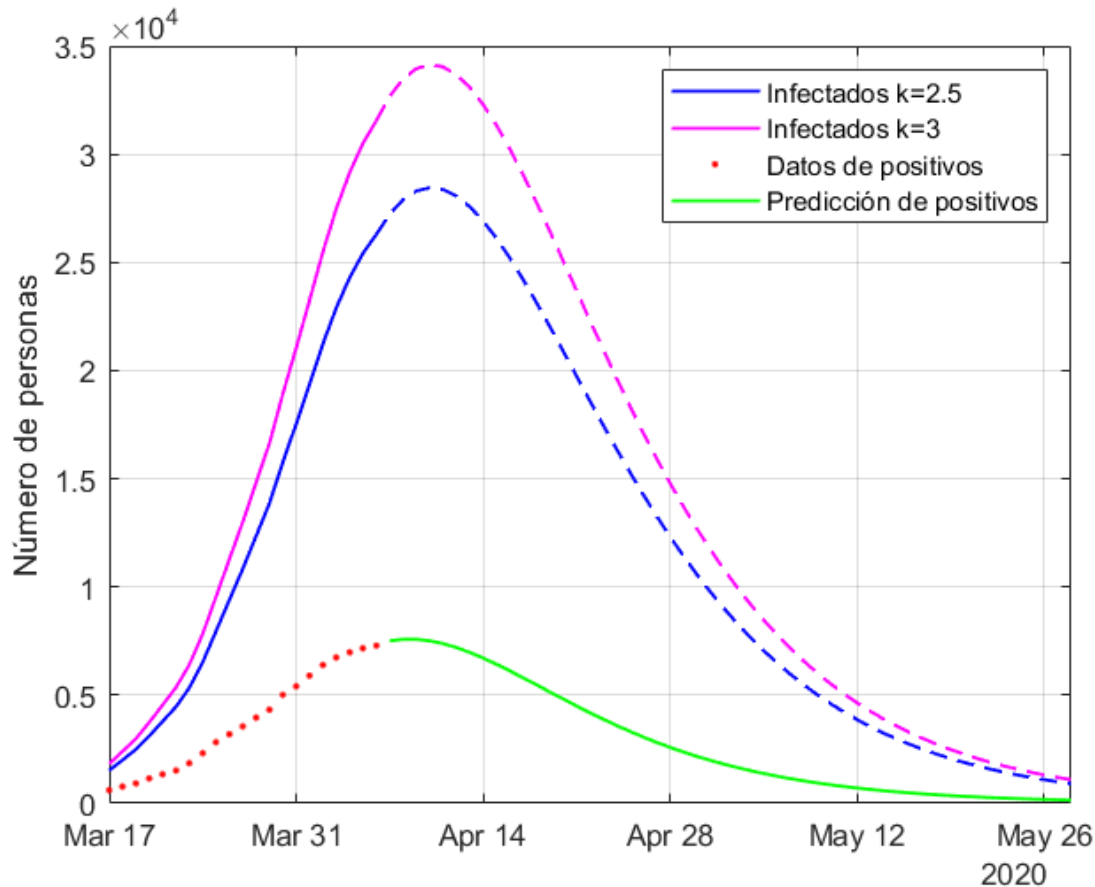
Análisis de la tasa de crecimiento en Andalucía



Un procedimiento análogo al de España se ha empleado para la extrapolación de la tasa $r(n)$ en diversas comunidades autónomas, mostrándose en la figura el caso de Andalucía.

Con una ventana de los últimos 5 datos disponibles, se prevé que el paso por 1 de la tasa de crecimiento se produzca entre el 9 y el 11 de abril.

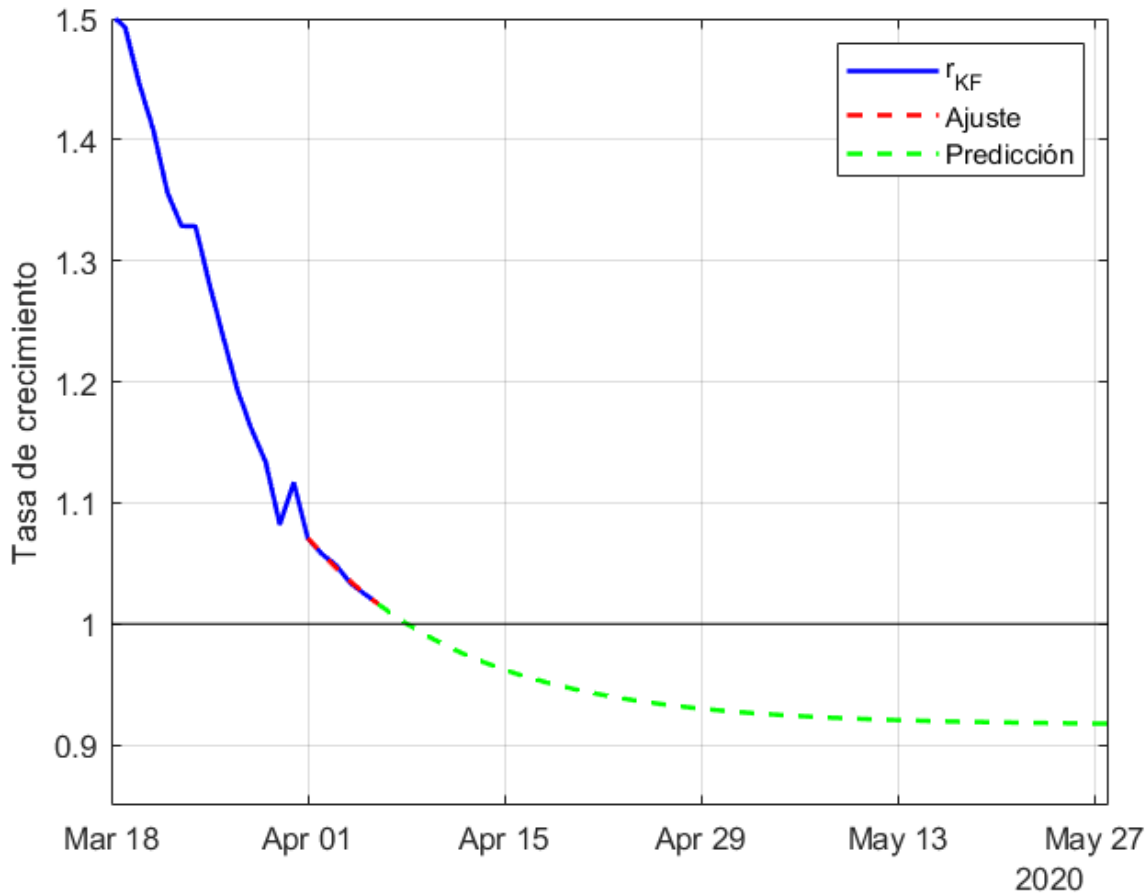
Predicción del número de infectados activos y positivos reportados en Andalucía



Con las mismas consideraciones en lo que concierne al factor k , se muestra en la gráfica adjunta la predicción del número de infectados en la comunidad andaluza.

Conjuntamente a estas curvas se ha añadido también la predicción del número de positivos activos reportados.

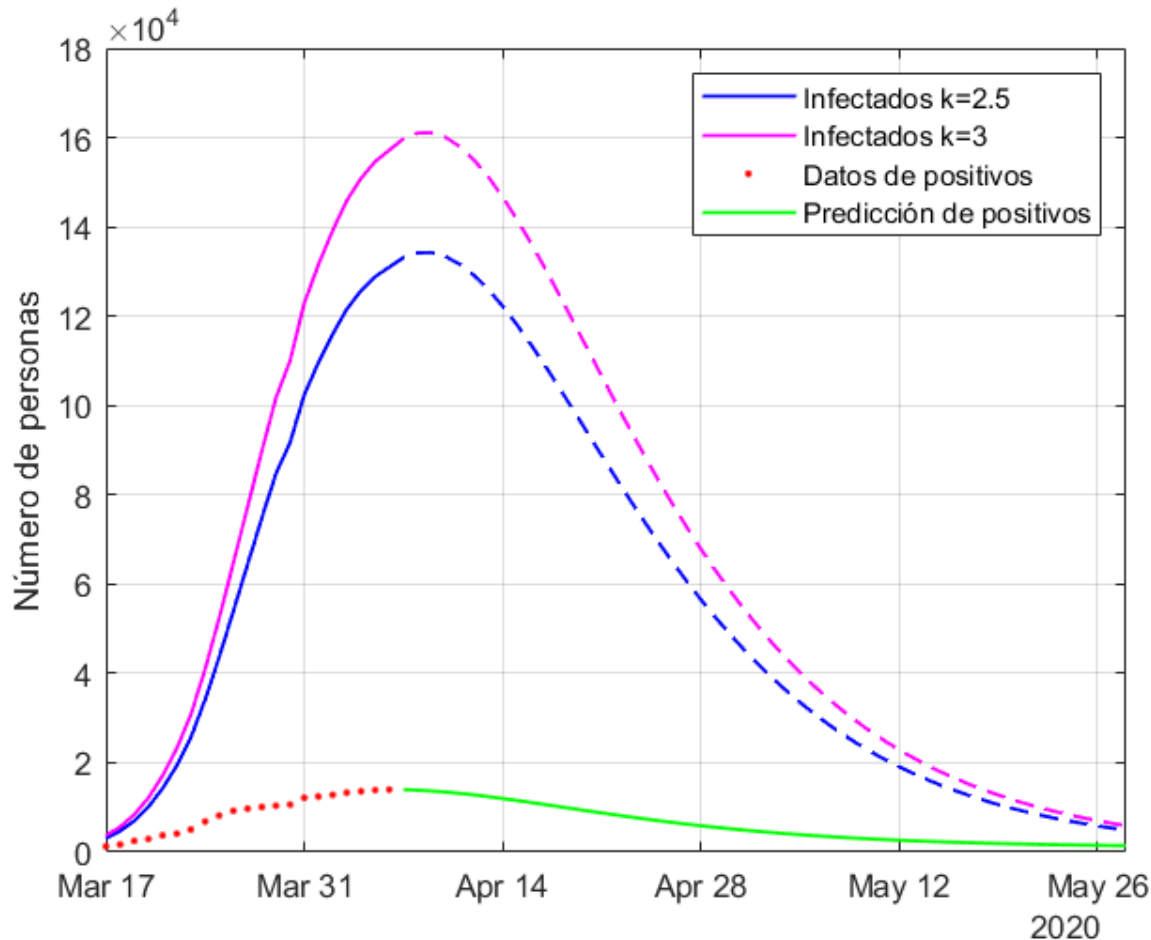
Análisis de la tasa de crecimiento en Cataluña



Un procedimiento análogo al de España se ha empleado para la extrapolación de la tasa $r(n)$ en diversas comunidades autónomas, mostrándose en la figura el caso de Cataluña.

Con una ventana de los últimos 5 datos disponibles, se prevé que el paso por 1 de la tasa de crecimiento se produzca entre el 8 y el 9 de abril, fecha similar al conjunto del territorio nacional.

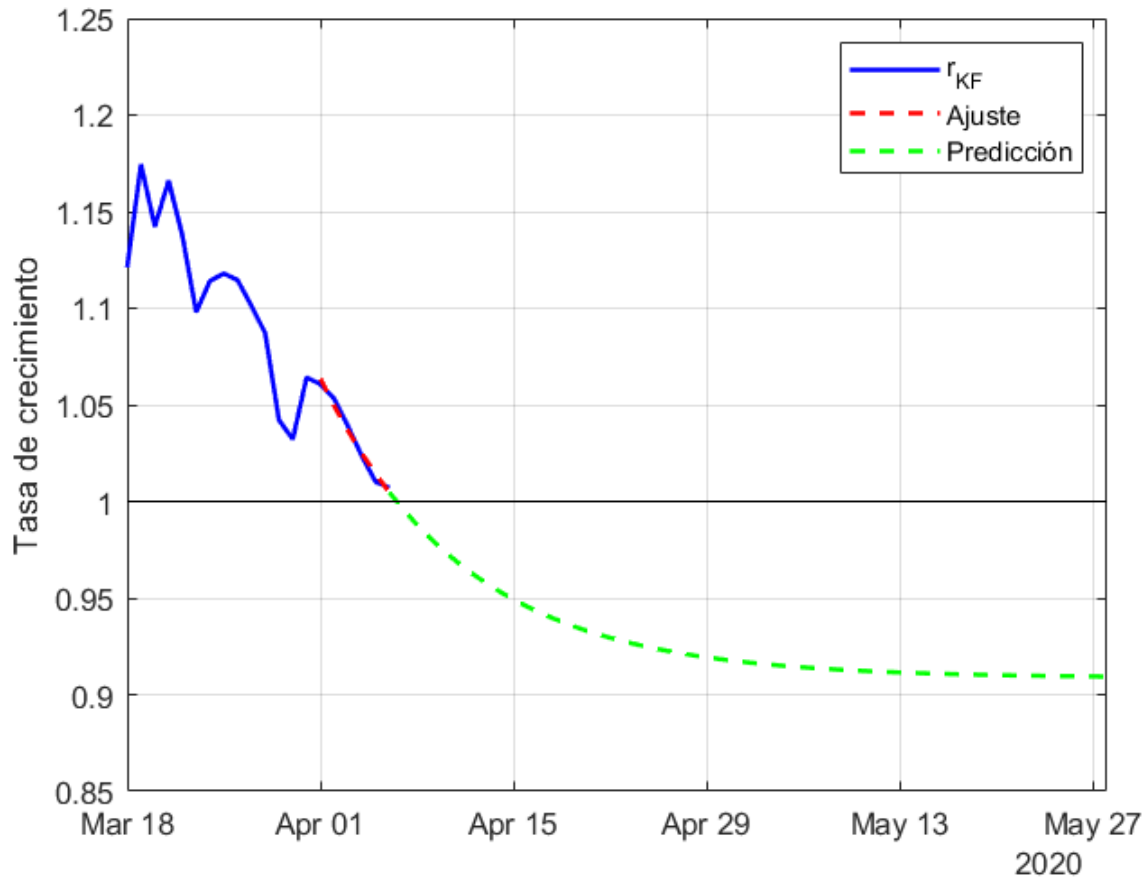
Predicción del número de infectados activos y positivos reportados en Cataluña



Con las mismas consideraciones en lo que concierne al factor k , se muestra en la gráfica adjunta la predicción del número de infectados en la comunidad catalana.

Conjuntamente a estas curvas se ha añadido también la predicción del número de positivos activos reportados.

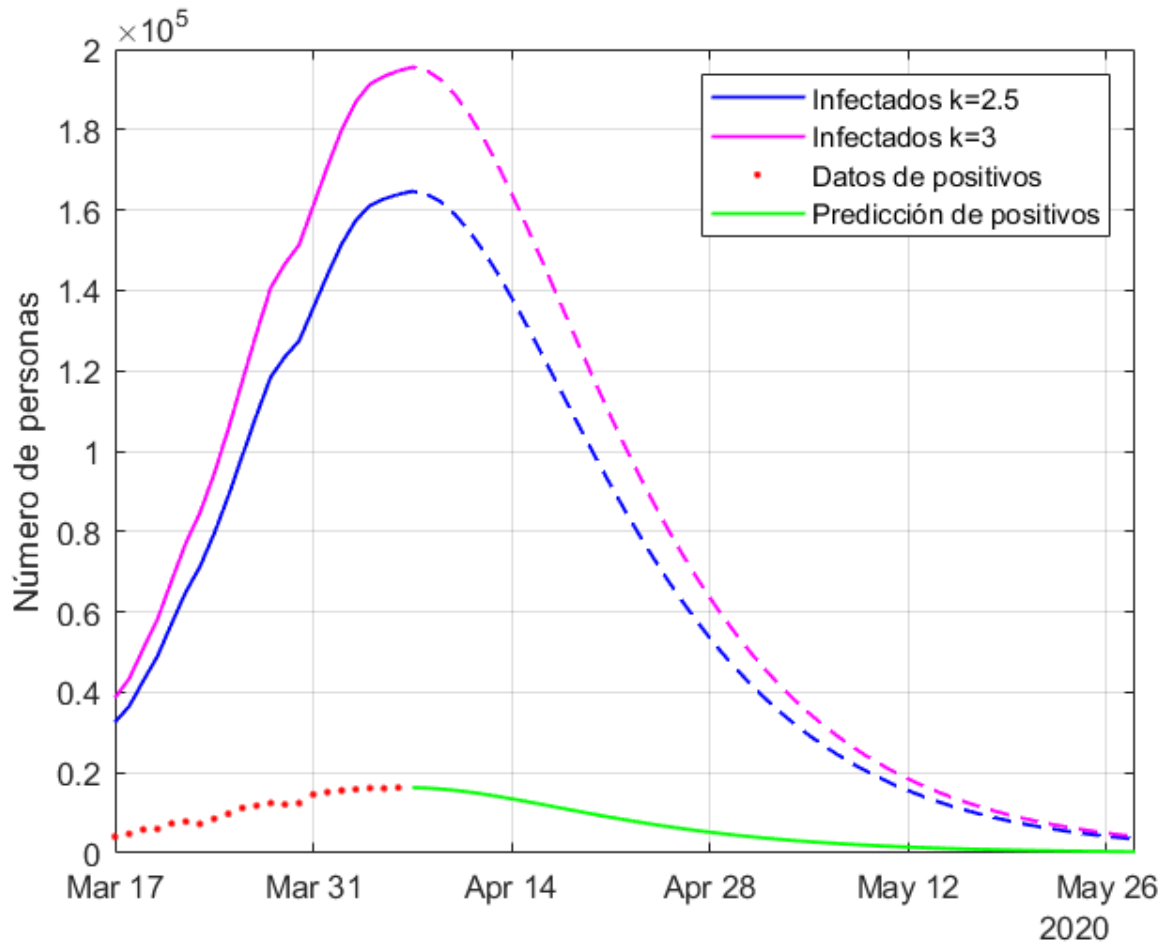
Análisis de la tasa de crecimiento en Madrid



Un procedimiento análogo al de España se ha empleado para la extrapolación de la tasa $r(n)$ en diversas comunidades autónomas, mostrándose en la figura el caso de la comunidad de Madrid.

Con una ventana de los últimos 5 datos disponibles, se prevé que el paso por 1 de la tasa de crecimiento se produzca entre el 8 y el 9 de abril.

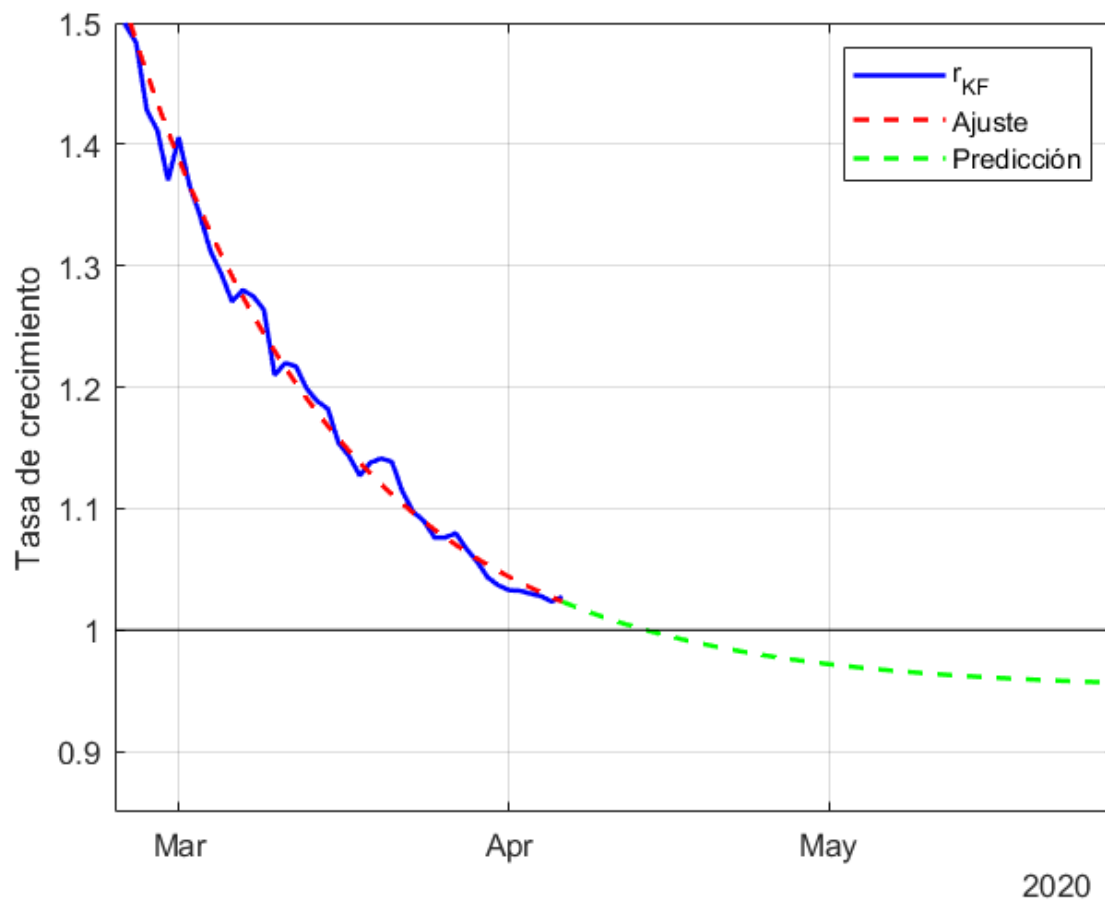
Predicción del número de infectados activos y positivos reportados en Madrid



Con las mismas consideraciones en lo que concierne al factor k , se muestra en la gráfica adjunta la predicción del número de infectados en la comunidad de Madrid.

Conjuntamente a estas curvas se ha añadido también la predicción del número de positivos activos reportados.

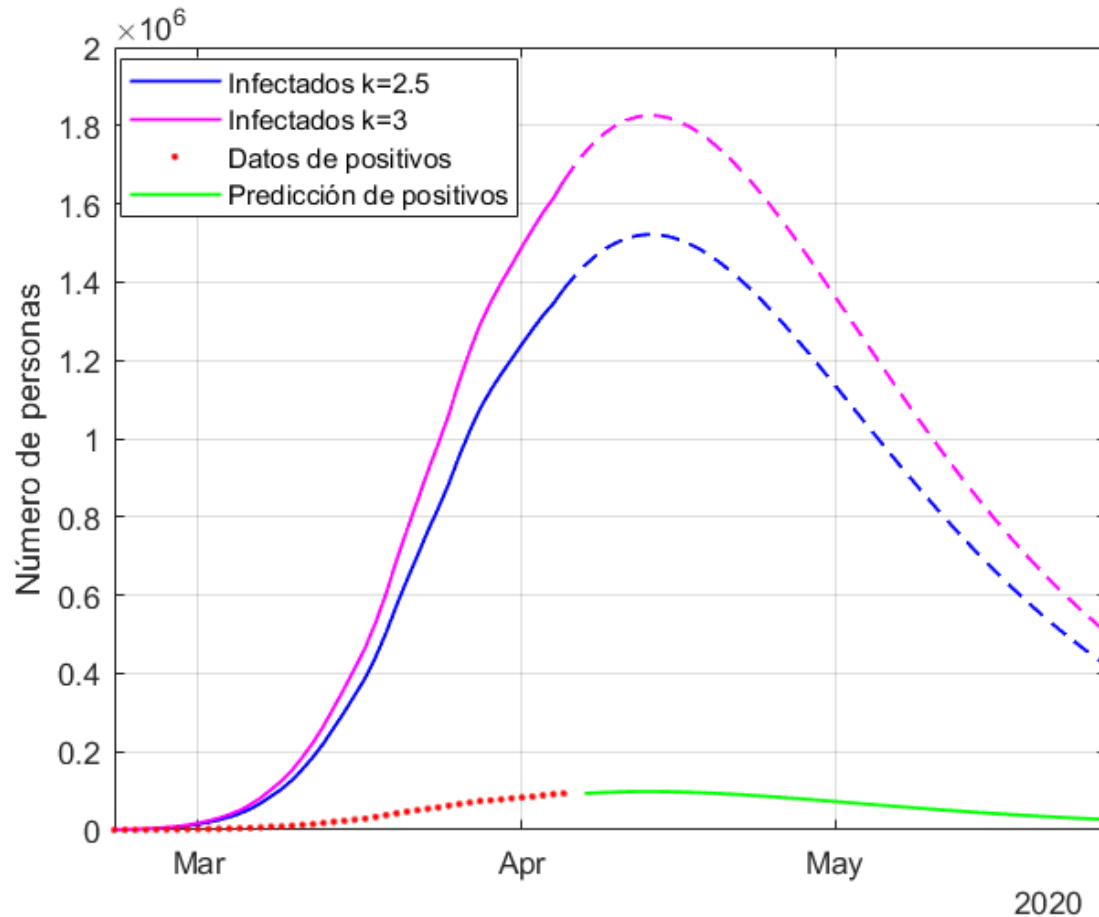
Análisis de la tasa de crecimiento en otros países. Italia



Un procedimiento análogo al de España se ha empleado para la extrapolación de la tasa $r(n)$ en otros países, mostrándose en la figura el caso de Italia.

En este país, tomando todos los datos disponibles hasta la fecha para realizar la extrapolación exponencial, se prevé que el paso por 1 de la tasa de crecimiento se produzca entre el 9 y el 11 de abril.

Predicción del número de infectados activos y positivos reportados en otros países. Italia

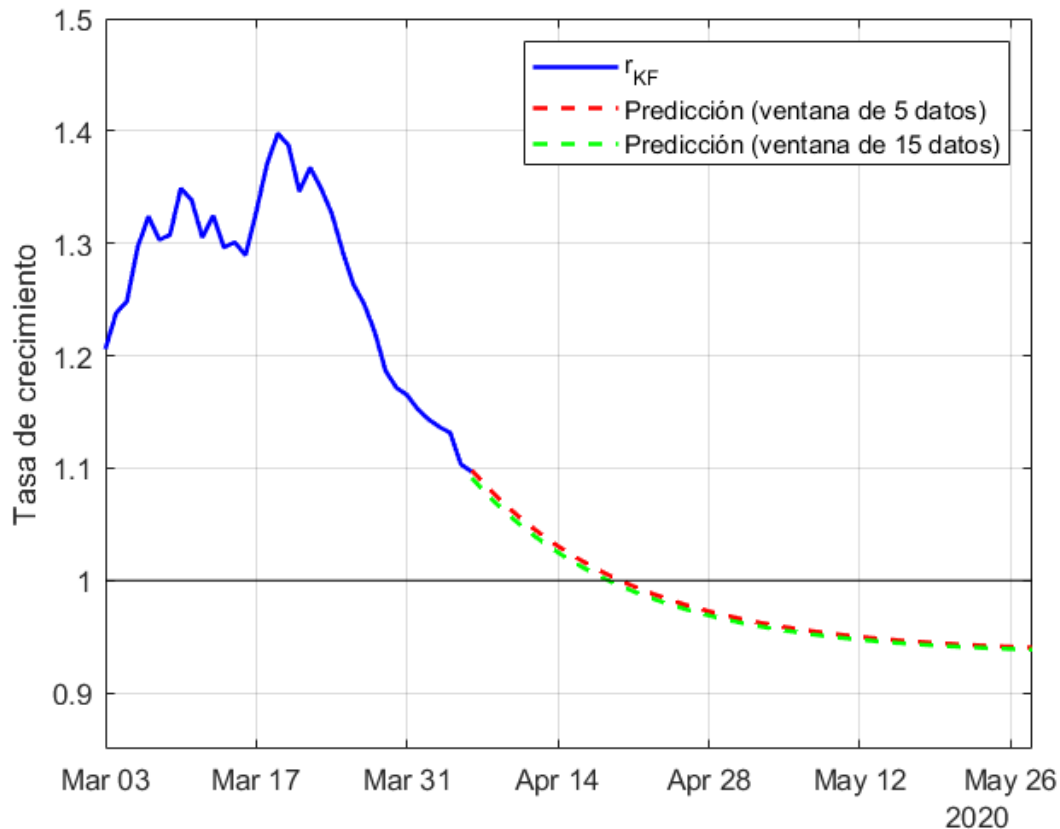


Con las mismas consideraciones tomadas en España y sus comunidades en lo que concierne al factor k , se muestra en la gráfica adjunta la predicción del número de infectados en Italia.

Puede verse como la curva de bajada es más lenta en este país si se compara con la mostrada anteriormente para el territorio español.

Conjuntamente a estas curvas se ha añadido también la predicción del número de positivos activos reportados.

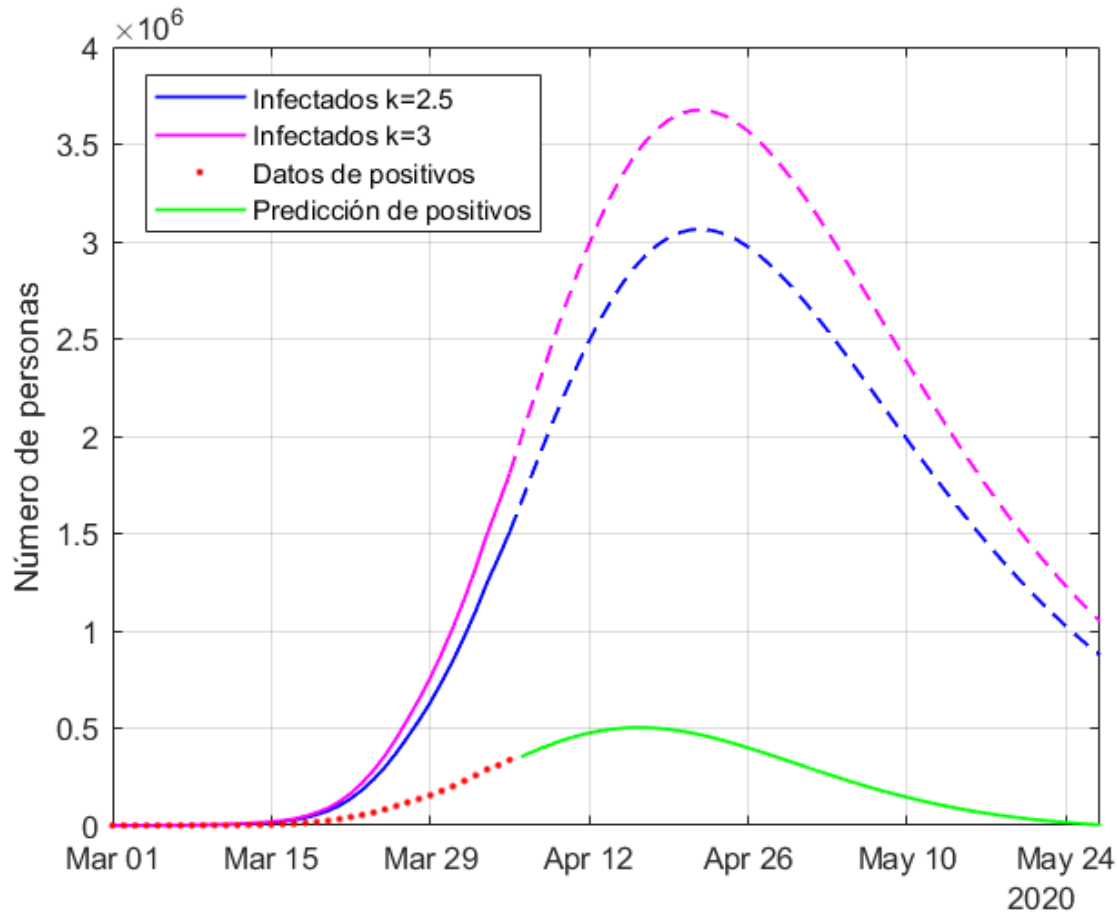
Análisis de la tasa de crecimiento en otros países. Estados Unidos



Un procedimiento análogo al de España se ha empleado para la extrapolación de la tasa $r(n)$ en otros países, mostrándose en la figura el caso de Estados Unidos.

En este país, al estar más lejano en el tiempo el pico de la epidemia, se ha decidido comparar el ajuste que se obtiene tomando una ventana de los últimos 15 datos disponibles con otra de 5, pudiendo comprobarse en la figura que ambas exponenciales son muy próximas. Se prevé que el paso por 1 de la tasa de crecimiento se produzca entre el 19 y el 21 de abril.

Predicción del número de infectados activos y positivos reportados en otros países. Estados Unidos

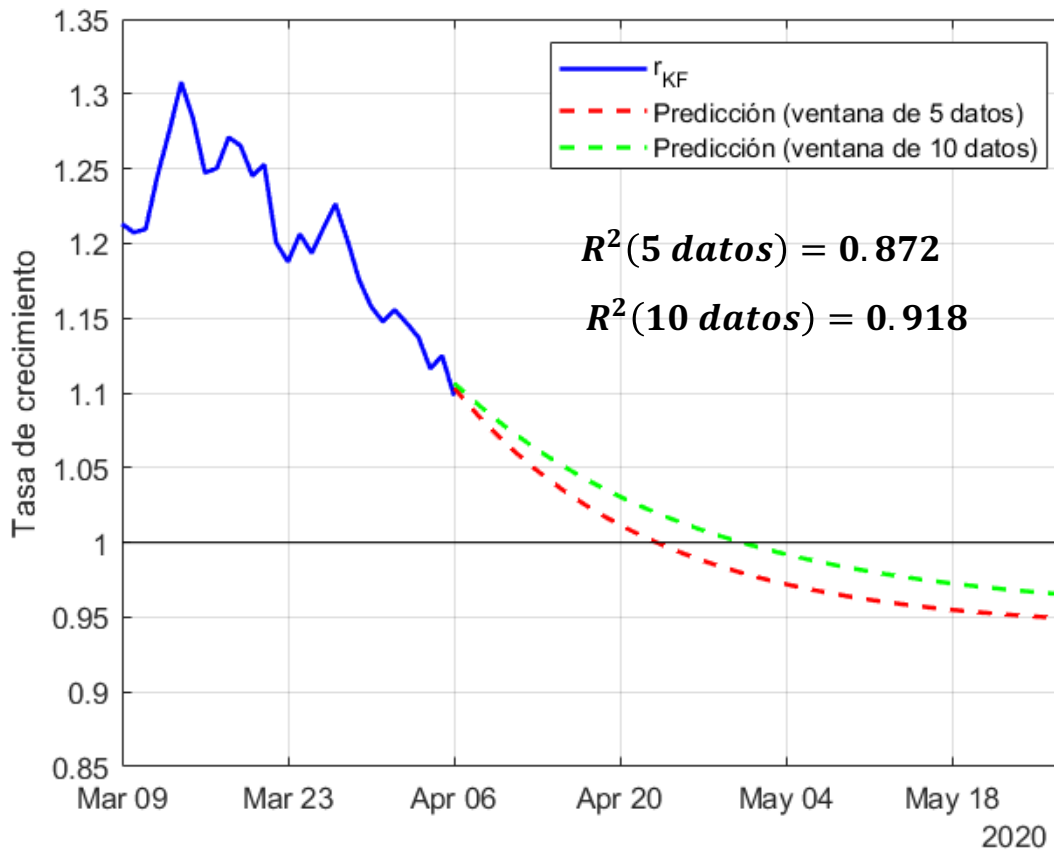


Con las mismas consideraciones tomadas en España y sus comunidades en lo que concierne al factor k , se muestra en la gráfica adjunta la predicción del número de infectados en Estados Unidos.

En este caso se estima que el número máximo de infectados activos estará entre 3 y 4 millones de personas.

Conjuntamente a estas curvas se ha añadido también la predicción del número de positivos activos reportados.

Análisis de la tasa de crecimiento en otros países. Reino Unido

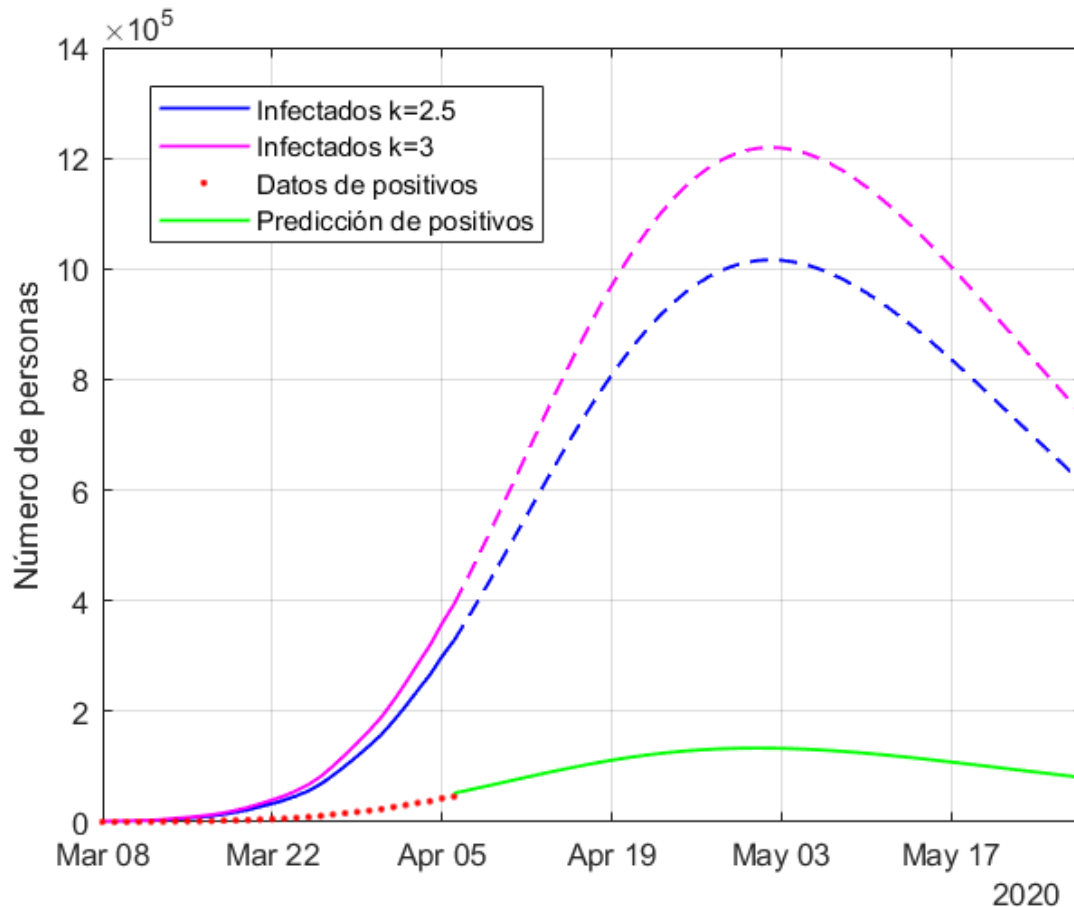


Un procedimiento análogo al de España se ha empleado para la extrapolación de la tasa $r(n)$ en otros países, mostrándose en la figura el caso de Reino Unido.

En este país, al estar más lejano en el tiempo el pico de la epidemia, se ha decidido comparar el ajuste que se obtiene tomando una ventana de los últimos 10 datos disponibles con otra de 5, pudiendo comprobarse en la figura que la diferencia es mayor que en el caso de Estados Unidos, debido a una diferencia en las medidas tomadas en ambos países. Se prevé que el paso por 1 de la tasa de crecimiento se produzca entre el 22 y el 30 de abril, según la ventana seleccionada.

Incluido en el gráfico el coeficiente R^2 , indicador de la bondad del ajuste en cada una de las ventanas de datos.

Predicción del número de infectados activos y positivos reportados en otros países. Reino Unido

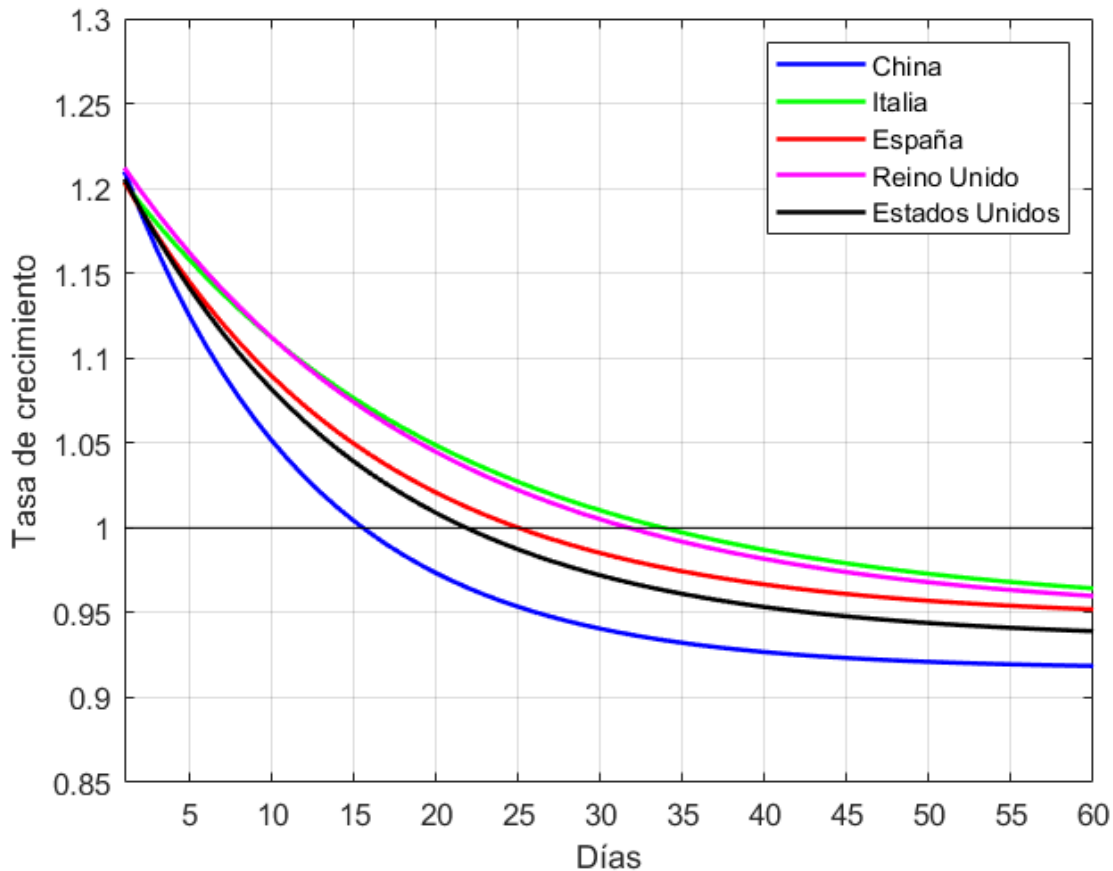


Con las mismas consideraciones tomadas en España y sus comunidades en lo que concierne al factor k , se muestra en la gráfica adjunta la predicción del número de infectados en Reino Unido, tomando una ventana de los últimos 7 datos, un valor intermedio entre los 2 mostrados en la figura anterior.

En este caso se comprueba que el número máximo de infectados activos estará entre 1 y 1,2 millones de personas.

Conjuntamente a estas curvas se ha añadido también la predicción del número de positivos activos reportados.

Comparación de la evolución de la tasa de crecimiento en diferentes países



Un último análisis realizado consiste en comparar cómo es la evolución de la tasa de crecimiento en los distintos países considerados en este informe.

Se ha tomado como origen de tiempo el instante en que la exponencial ajustada de todos los países toma un valor representativo próximo a 1,2, es decir, el día en que el número de infectados crecía al 20%.

Puede verse en la gráfica que la constante de tiempo es menor en China, seguida por Estados Unidos, y España, siendo los comportamientos de Italia y Reino Unido similares, con una mayor constante de tiempo, atribuible quizá a la mayor dureza o disciplina del confinamiento en cada caso.

Así, mientras que en China se tardó 15 días en llegar al pico, desde que la epidemia crecía al 20%, ese lapso de tiempo es de 25 días en el caso de España, y 35 días en el caso de Italia.