

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

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 31 de marzo de 2020. Se remite al lector a la serie de resultados para el ámbito nacional, que desde el día 24 de marzo están disponibles en: <https://idus.us.es/handle/11441/94508>

## 1. Resultados

### 1.1. Notación

Aunque el modelo detallado aparece en el documento original, se muestra aquí un breve resumen de la notación seguida en los resultados que se van a mostrar a continuación.

$r(n)$ : 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 incluso aunque el número de infectados no llegue nunca a saberse con certeza.

$r_F$ : ratio de variación de fallecidos.

$r_P$ : ratio de evolución de positivos.

### 1.2. Estimación de la tasa de crecimiento y predicción

Una vez seleccionadas las condiciones iniciales y la sintonización del filtro de Kalman, en la Figura 1 se muestra el resultado correspondiente a la estimación de la tasa de crecimiento  $r(n)$ , tanto para España como para Andalucía. A pesar de contar con datos de la comunidad andaluza desde una fecha posterior, puede verse que la tendencia de decrecimiento en el ámbito regional es ligeramente más lenta que la nacional, y con más oscilaciones (estas últimas son normales, al trabajar con una muestra menor, y por tanto más volátil que una muestra nacional). Mientras que el último valor estimado para España es 1,07, lo cual significa que el número de infectados activos crece el 7% de un día al siguiente, en Andalucía se acerca a 1,12, que equivale a una tasa de crecimiento del 12%.



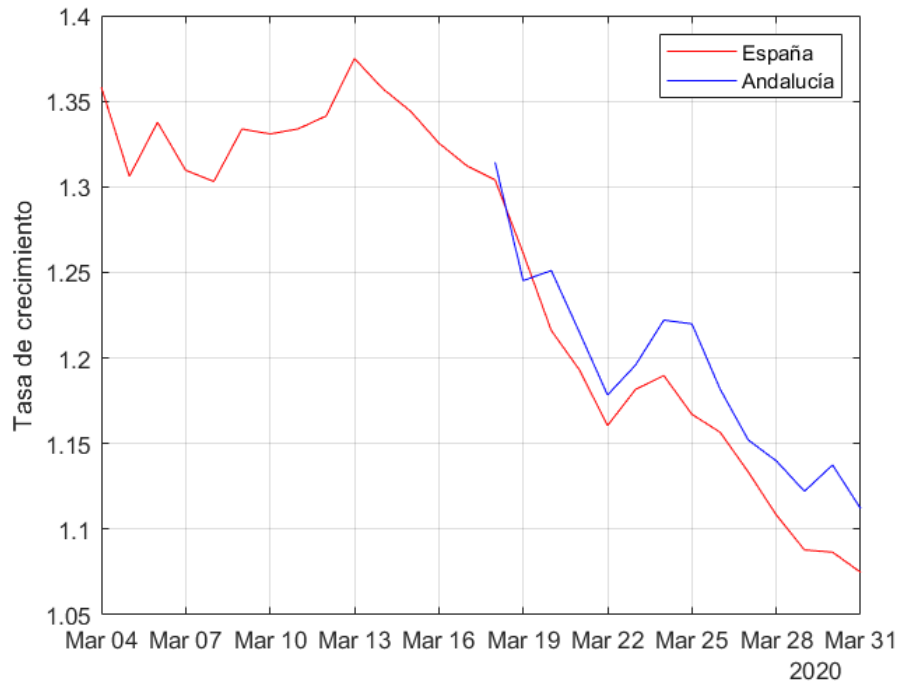


Figura 1. Estimación de la tasa de crecimiento para Andalucía y España

Con los resultados obtenidos se ha realizado una predicción o pronóstico del comportamiento de la tasa de crecimiento para los próximos días en el territorio español. Dicha extrapolación a futuro se está haciendo mediante una regresión lineal, con una ventana de los últimos 5 datos disponibles. Tras tres días consecutivos de análisis, puede evaluarse cómo evoluciona la tendencia de la tasa de crecimiento. En la Figura 2 se muestra el ajuste lineal con una ventana de los últimos 5 datos disponibles entre el 29 de marzo y el 1 de abril, correspondientes lógicamente al día anterior.

En la gráfica también se aprecia claramente que la tendencia de la tasa de crecimiento estimada es ligeramente decreciente, acercándose lentamente a 1. Puede apreciarse que la tendencia de  $r(n)$  apunta a que este paso por 1, momento en que se produciría el pico de afectados activos, ocurrirá entre el 4 y el 14 de abril, dependiendo de que demos más importancia a la tendencia de hace tres días (más optimista) o la que muestran los datos de ayer y anteayer (más pesimista).

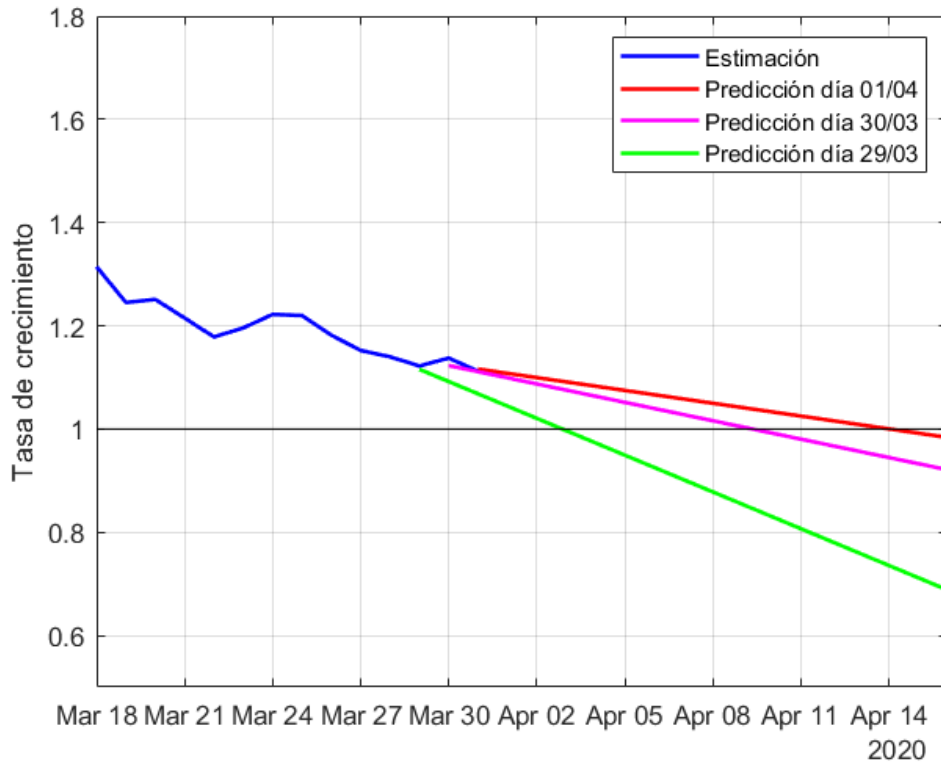


Figura 2. Evolución de la tendencia de la tasa de crecimiento para Andalucía en los 3 últimos días

En la Figura 3 se muestra la banda de personas infectadas activas en Andalucía, en las que no se tienen en cuenta los fallecidos ni las personas ya recuperadas, suponiendo que el número de personas infectadas por el Covid-19 en el instante inicial estaba entre 2,5 y 3 veces el número de positivos ( $2,5 < k < 3$ ). Si se supone un número mayor, por ejemplo  $k=6$ , el número crecería proporcionalmente (o sea, sería el doble que con  $k=3$ ). En esta gráfica se ha considerado una ventana de los últimos 5 datos a fecha de 31 de marzo, para establecer la extrapolación. Puede averse que, en el pico, el número de infectados activos estaría entre 40 y 50 mil personas.

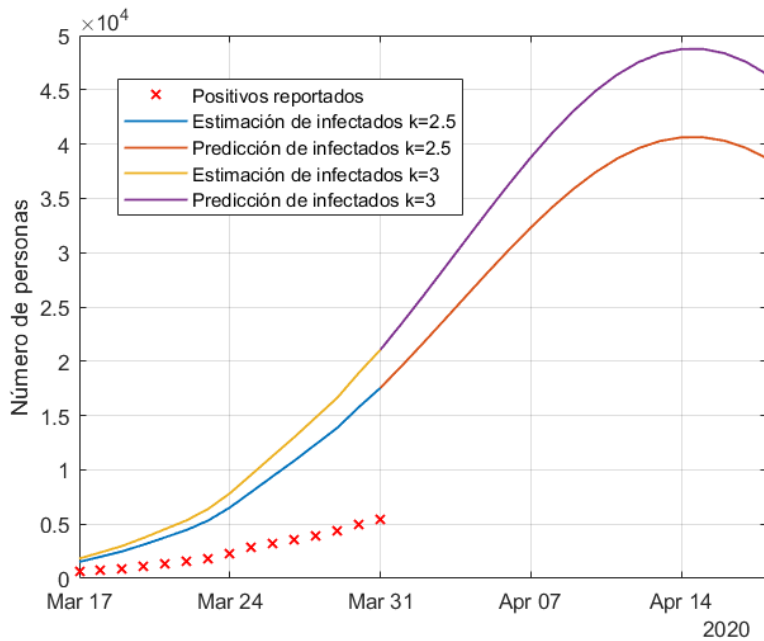


Figura 3. Estimación y predicción de infectados para diferentes valores de k en Andalucía

Suponiendo las mismas hipótesis para el factor k, la Figura 4 muestra los resultados de estimación de infectados correspondientes al territorio nacional, junto a los de Andalucía, para dar una idea de órdenes de magnitud. Puede apreciarse que, además de un cierto retraso en la llegada del pico, a Andalucía le corresponde un número de afectados proporcionalmente bastante menor que el de su población.

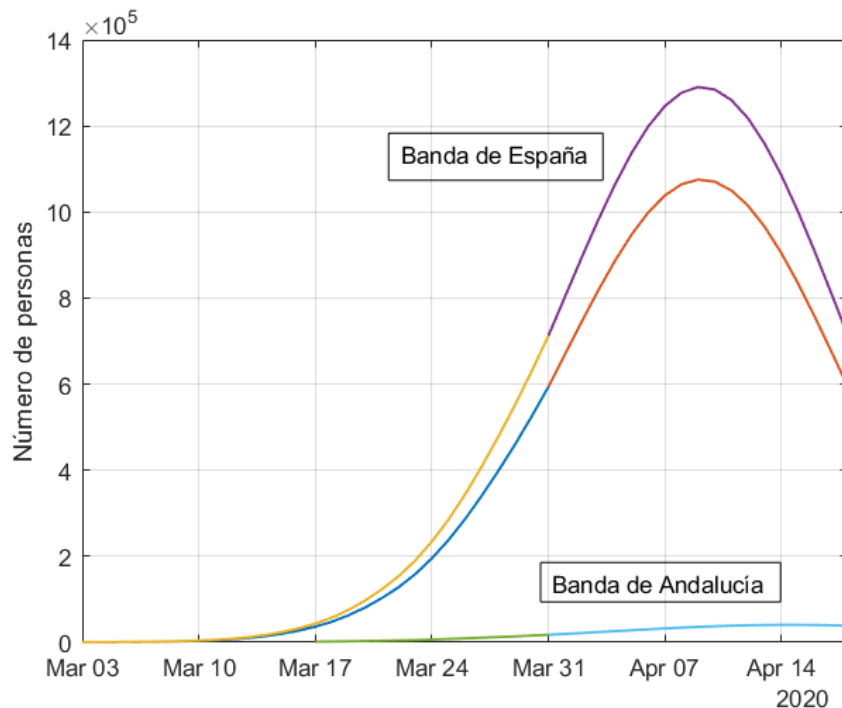


Figura 4. Estimación y predicción de infectados para diferentes valores de k en España y Andalucía

## **2. Conclusiones**

Los resultados para Andalucía sugieren que el pico de la epidemia de afectados se puede producir hasta una semana después que el del territorio nacional, si no cambia la última tendencia observada (entre el 4 y 14 de abril). En el pico, se prevé que el número de infectados activos se sitúe entre 40 y 50 mil personas.