

Tasa de Contagio: Retos en la interpretación de esta métrica

Tomás de Camino Beck, Ph.D., Santiafgo Nuñez-Corrales, Ph.D

Introducción

■ ¿Qué es la tasa de contagio?

El R_t efectivo (R_t) o tasa de contagio, es la cantidad de infecciones secundarias promedio que una persona puede generar durante todo su ciclo de infección. En términos de población, este parámetro indica que esta se ha infectado a esa tasa de manera retrospectiva, es decir, no es un parámetro que proyecta a futuro, sino que identifica el origen de cambio hacia atrás. El R_t es una aproximación proporcional de lo que se conoce como número reproductivo básico R_0 , que se utiliza para entender la dinámica de enfermedades. Un $R_t > 1$ indica que hubo un aumento en los contagios, y $R_t < 1$ que hay una disminución de contagios.

■ R_t y su interpretación

El R_t se calcula a partir de los casos nuevos reportados diariamente. Básicamente es un parámetro a nivel de población, que promedia procesos de la dinámica de contacto en la población, asumiendo una dinámica de transmisión estocástica. Para poder hacer inferencia sobre este parámetro, se asume que R_t representa la dinámica de la enfermedad en la población, por tanto se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Este parámetro es retrospectivo, es decir, mide hacia atrás. Nos dice cómo llegamos a el presente. Cuando se utiliza para proyectar a futuro se debe ser muy cuidadoso, especialmente si no hay asociación directa con aspectos mecánicos de la dinámica de infección. Para proyectar debe haber una razón muy bien justificada del porque se sugiere uno u otro cambio en el valor de la tasa de contagio. Simplemente decir que va a aumentar o disminuir, no tiene ningún valor en términos de entendimiento de una epidemia. Para utilizarlo de forma adecuada, es indispensable contar con mecanismos de imputación de datos que asocien eventos específicos y mecanismos conocidos con tendencias de datos estadísticamente interrogadas.
- Se asume que los datos de nuevos casos, que son los que se utilizan para calcular R_t , representan una muestra poblacional. Los datos de pruebas epidemiológicas deben representar lo que sucede en la dinámica de la epidemia. Este parámetro tiene dificultades de ser interpretada si los datos son afectados por factores externos que influencian su cambio.
- Se asume que los datos reportados de nuevos casos representan “el día” en que se reportan sin que existan retrasos en el proceso de certificación sanitaria, es decir, cada día se reportan los casos del día anterior y no un acumulado de casos.
- Se asume que hay una relación proporcional entre casos sintomáticos y asintomáticos, puesto que los casos asintomáticos no se detectan o son detectados con dificultad en ausencia de estrategias de muestreo.
- Incluso si R_t es mayor que 1, la infección puede terminar. La razón es que el proceso de infección, es un proceso de ramificación con distribución binomial negativa (acá no detallaremos en esto). Para esto se recomienda analizar la variabilidad, al agregar o promediar este parámetro, para robustecer la interpretación.
- El fenómeno epidémico es no-lineal con puntos críticos. La no linealidad implica que el comportamiento de la epidemia no puede extrapolarse trivialmente del pasado, y por ende, que el futuro no puede extrapolarse de manera directa del presente. Un punto crítico es una configuración

del fenómeno que lleva a la epidemia a presentar categorías de comportamiento drásticamente distintas entre sí. Constantemente se sobreponen valores críticos de tamaño de población, niveles de infección, etc., que generan cambios de comportamiento en la dinámica y que luego se reflejan en los parámetros que caracterizan distintos mecanismos.

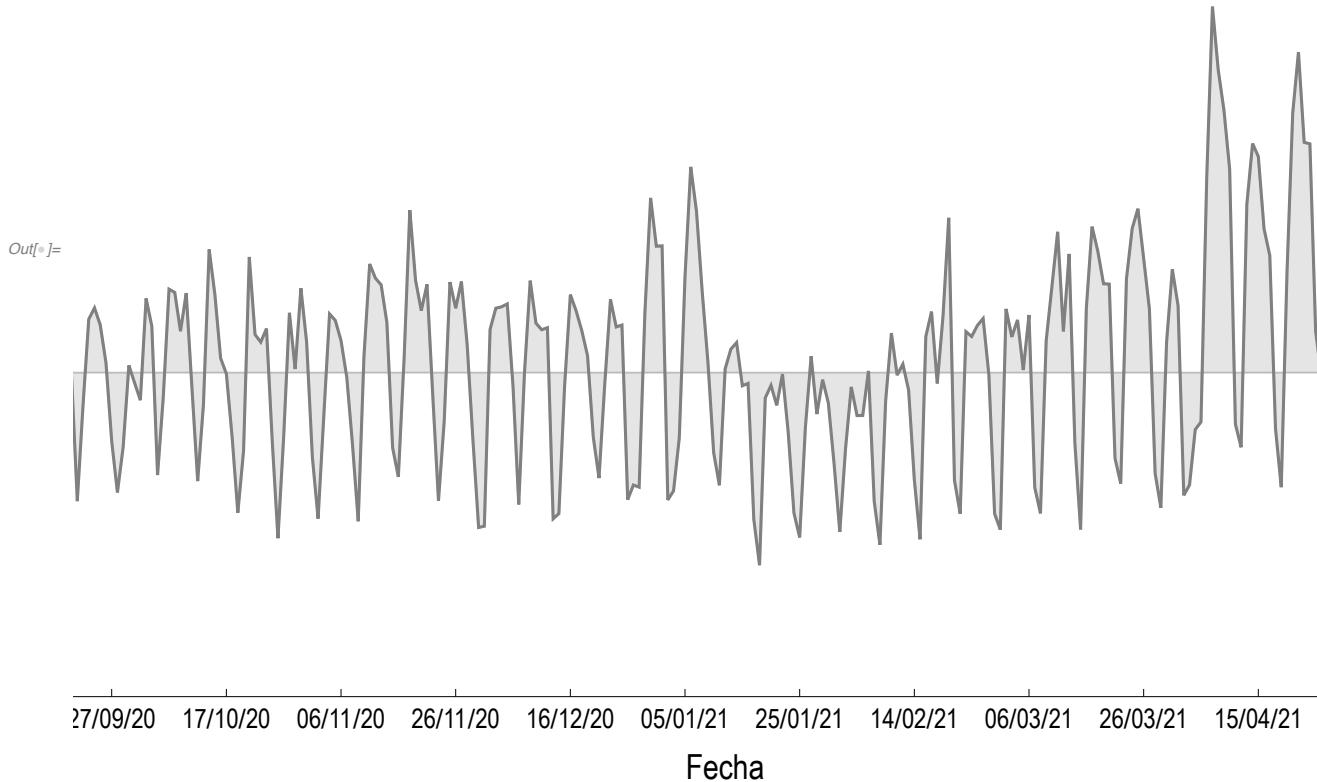
- Debido al tiempo de incubación, y a la estrategia de pruebas, R_t tiene un tiempo de retardo, que debe ser considerado en su interpretación, es decir, el efecto de las medidas aplicadas no se ve de forma instantánea, sino que deben considerarse el tiempo de incubación. Es decir, si se tienen estrategias reactivas de pruebas, R_t es un indicador de incidencia de síntomas más que de infección. Mientras mayor el retraso de el reporte de infectados, mayor la incertidumbre introducida en el valor de la tasa de contagio. Podrían encontrar una excelente explicación técnica en este artículo del Journal of Preventive Medicine & Public Health.

Tasa de contagio (R_t) en Costa Rica

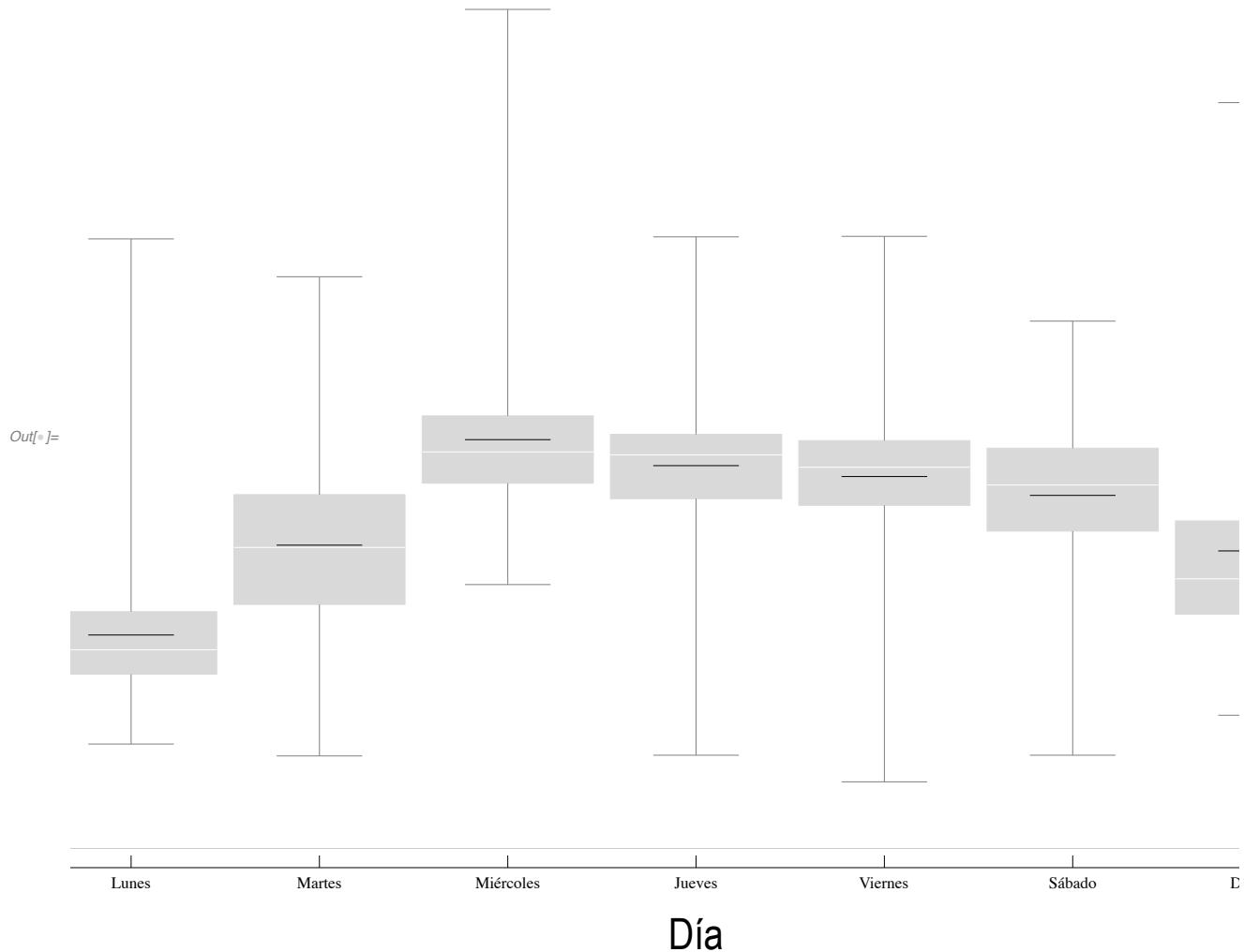
■ Cálculo R efectivo (R_t)

Este parámetro se calcula a partir de los datos de nuevos casos reportados de forma diaria. Básicamente es el cociente de nuevos casos en un tiempo t entre el total de nuevos casos en un rango predefinido de tiempo anterior, ponderado por una función exponencial decreciente. Esta función de ponderación, da más peso a los casos que ocurrieron cerca de t . Acá no daré los detalles de las fórmulas, las cuales pueden encontrar en este documento del Centro Centroamericano de Población. También publicamos el código en lenguaje R para aquellos interesados en calcular la tasa de contagio. En el código quedan explícitos los parámetros y fórmulas utilizadas.

El resultado del cálculo de R_t , sobre los casos de Costa Rica, se observa en la siguiente gráfica,



Como se observa, el R_t tiene a ser muy sensible a cambios en los datos de casos nuevos. Esto se debe principalmente a que los casos nuevos tienen a reportar menos casos domingos y lunes, tanto por el sistema de procesamiento de datos, como por que las personas potencialmente evitan llegar fines de semana a centros médicos. Como se puede observar en el siguiente gráfico, que muestra la proporción semanal a partir del inicio de la pandemia en Costa Rica, de casos positivos reportados cada día de la semana, en Costa Rica, en promedio el lunes siempre presenta el menor número de casos positivos reportados, en contraste con miércoles en los que se presentan el mayor número de casos,

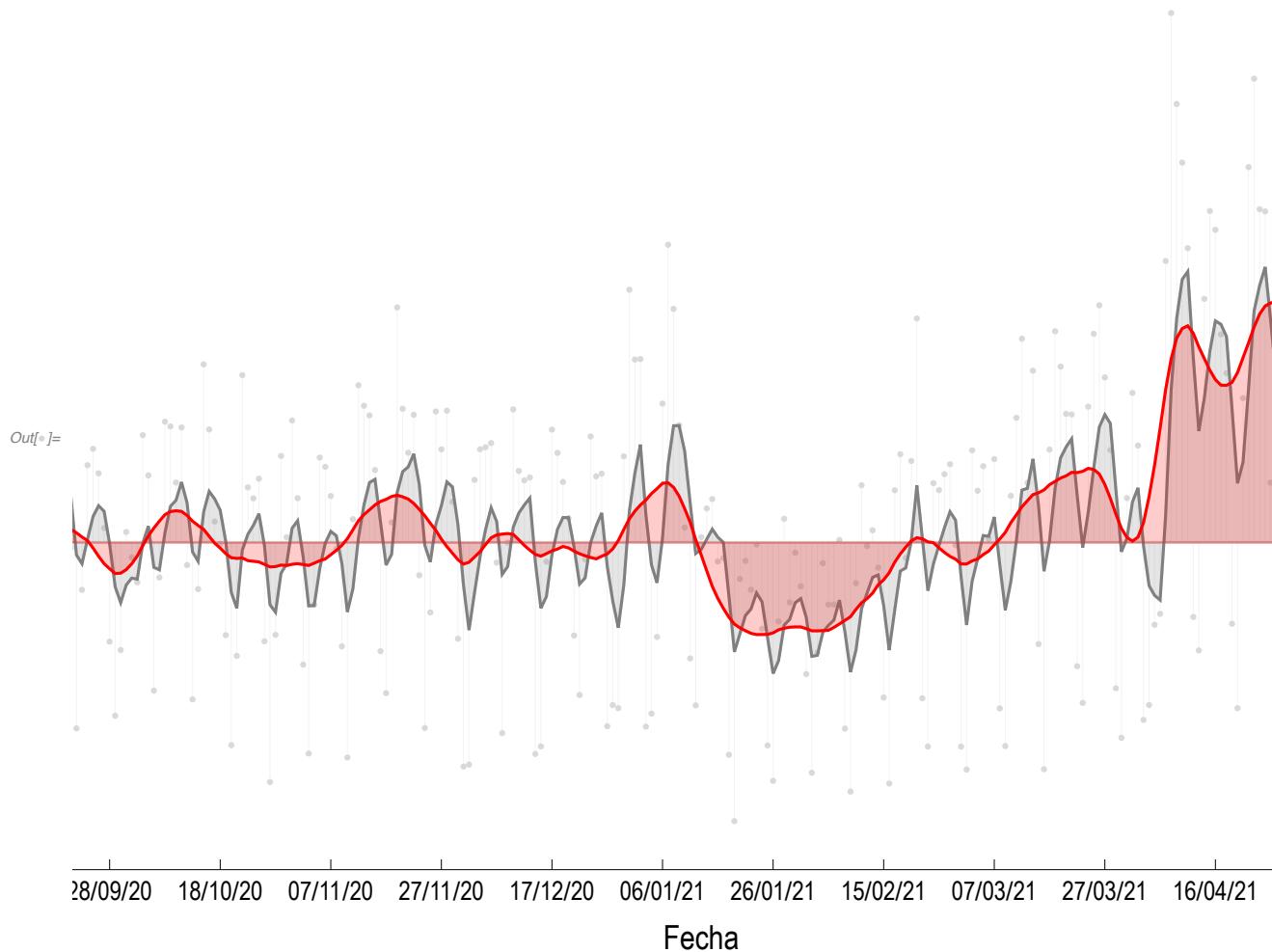


Por esa misma razón la interpretación de R_t debe principalmente hacerse jueves o viernes, que da una mejor imagen de una semana. Además, esto implica que la imagen de este parámetro está fuertemente sesgada por aspectos administrativos y de comportamiento en el caso de Costa Rica.

Debido a lo “ruidosa” de la serie de tiempo, interpretar visualmente R_t de esta manera no es productivo, por lo cual generalmente se aplica algún filtro que promedia valores en una ventana de tiempo para suavizar la curva y de esa manera, por lo menos de manera visual, permite interpretar los cambios y relacionarlos con medidas o cambios de comportamiento a nivel de población

■ Promediando R_t

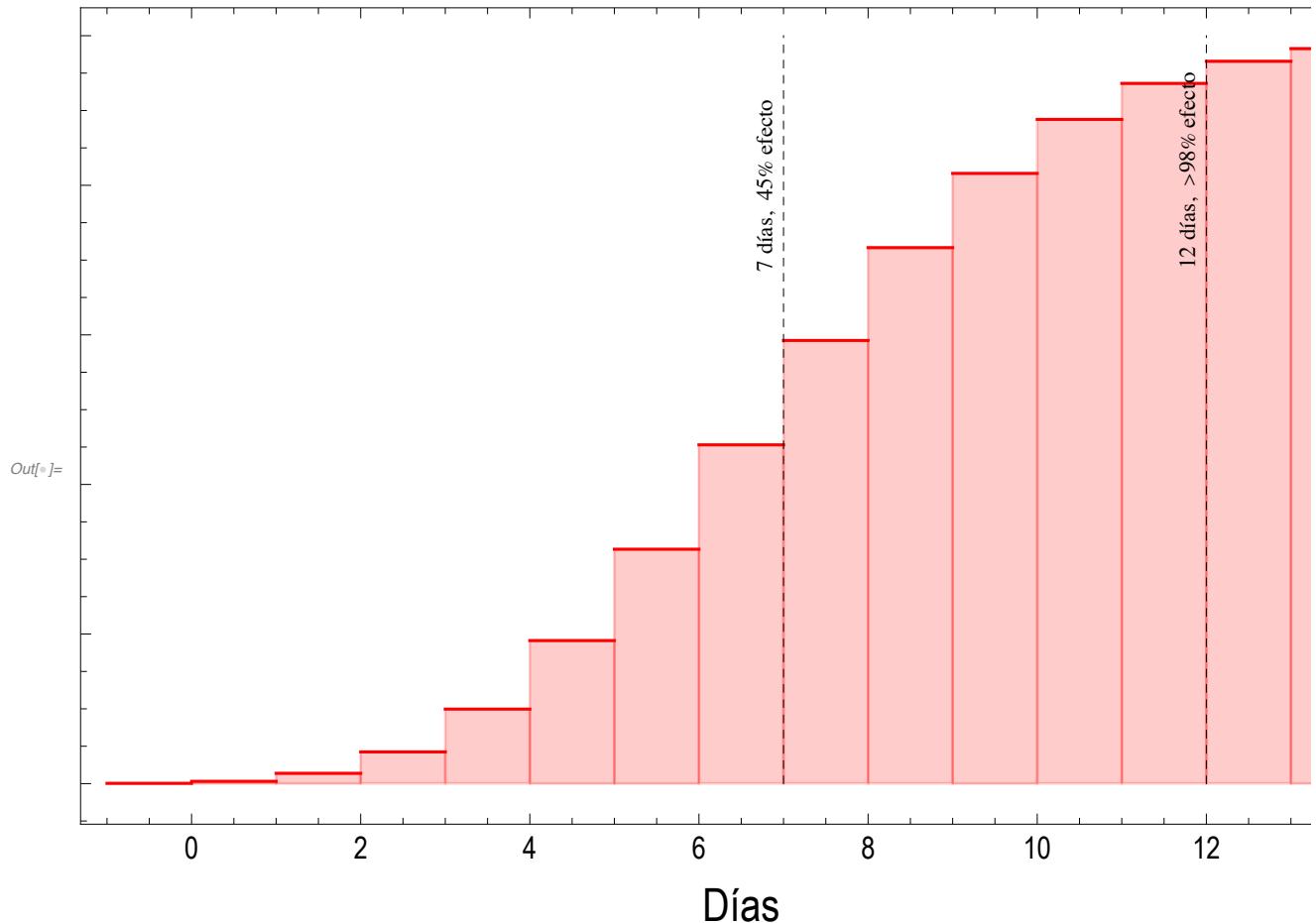
En la siguiente gráfica se muestran los valores calculados por día para R_t . Los puntos con linea muestran los valores calculados para el día, la curva gris con la aplicación de un filtro de media exponencial móvil, y la curva roja con un filtro de Gauss de 7 días,



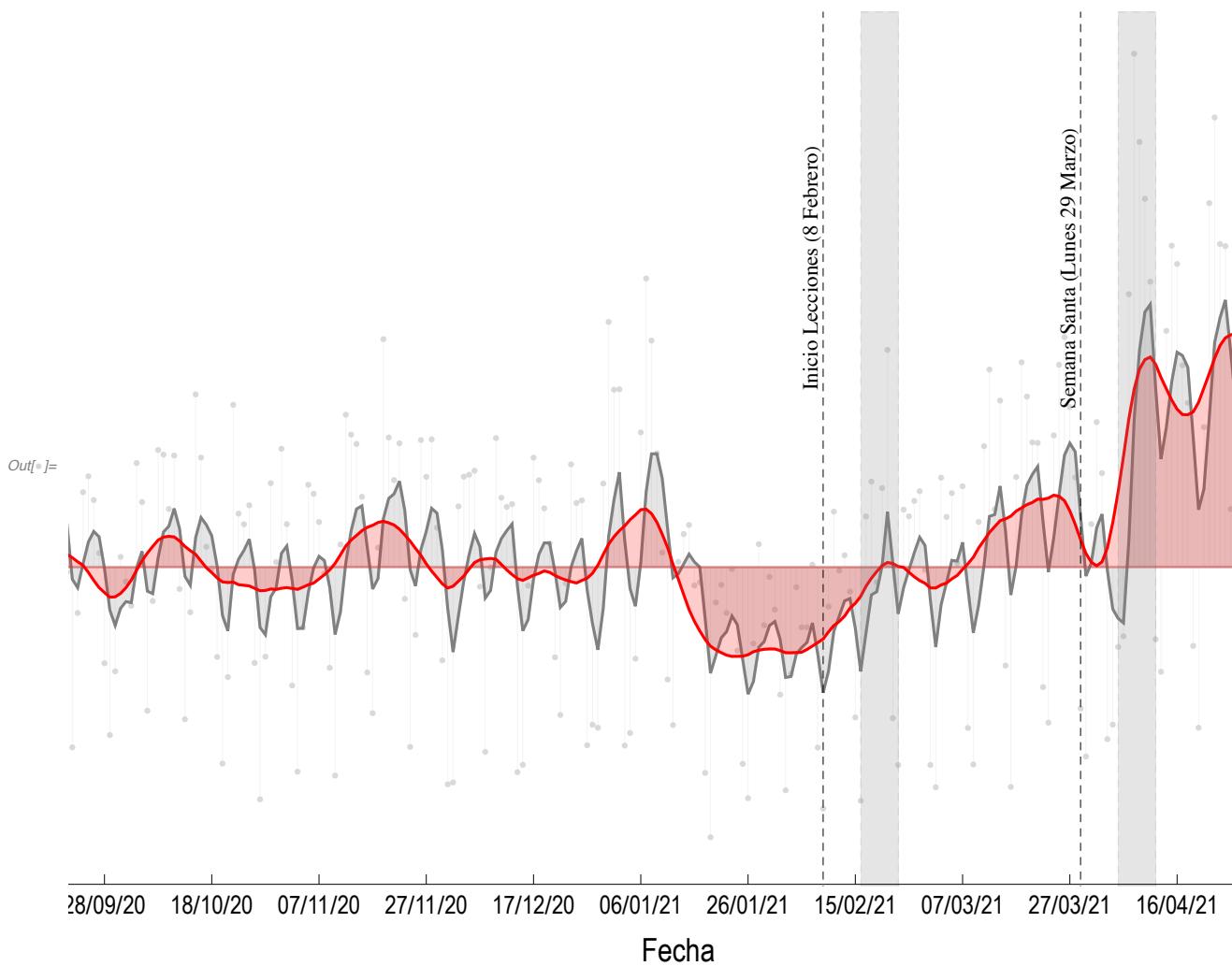
Los filtros “suavizan” la curva para poder detectar visualmente algunas tendencias generales. El tipo de filtro que se aplique es importante puesto que podría llevar a diferentes interpretaciones. Generalmente se recomienda la aplicación de filtros que sean consistentes con el análisis, y se utilizan solamente para interpretación visual.

■ Relacionar Medidas con R_t

Como se indicó en la introducción, para la interpretación de R_t hay que tener en cuenta que los cambios en comportamiento de la población, tendrán un retraso en la manifestación en la tasa de contagio. Se debe considerar el tiempo de incubación que en promedio son 5 días, y el tiempo que tarde una persona en decidir ir al hospital, que digamos podría ser 3 días (es un estimado). Asumiendo una distribución de Poisson con $\alpha = 8$, el tiempo de detección en R_t viene dada por la función de distribución acumulada como se observa en la siguiente figura,



Es decir, a partir del día 7 después de un cambio, ya sea medidas u otro comportamiento a nivel de población, se debería ver un efecto por lo menos a un 45%, y ya para el día 12 en un 98%. Esto se usa de referencia para demarcar medidas y su efecto. Así por ejemplo la semana santa, que inicia el lunes 29 de marzo, y asumiendo efecto entre 7 a 12 días (marcado en gris en la figura),



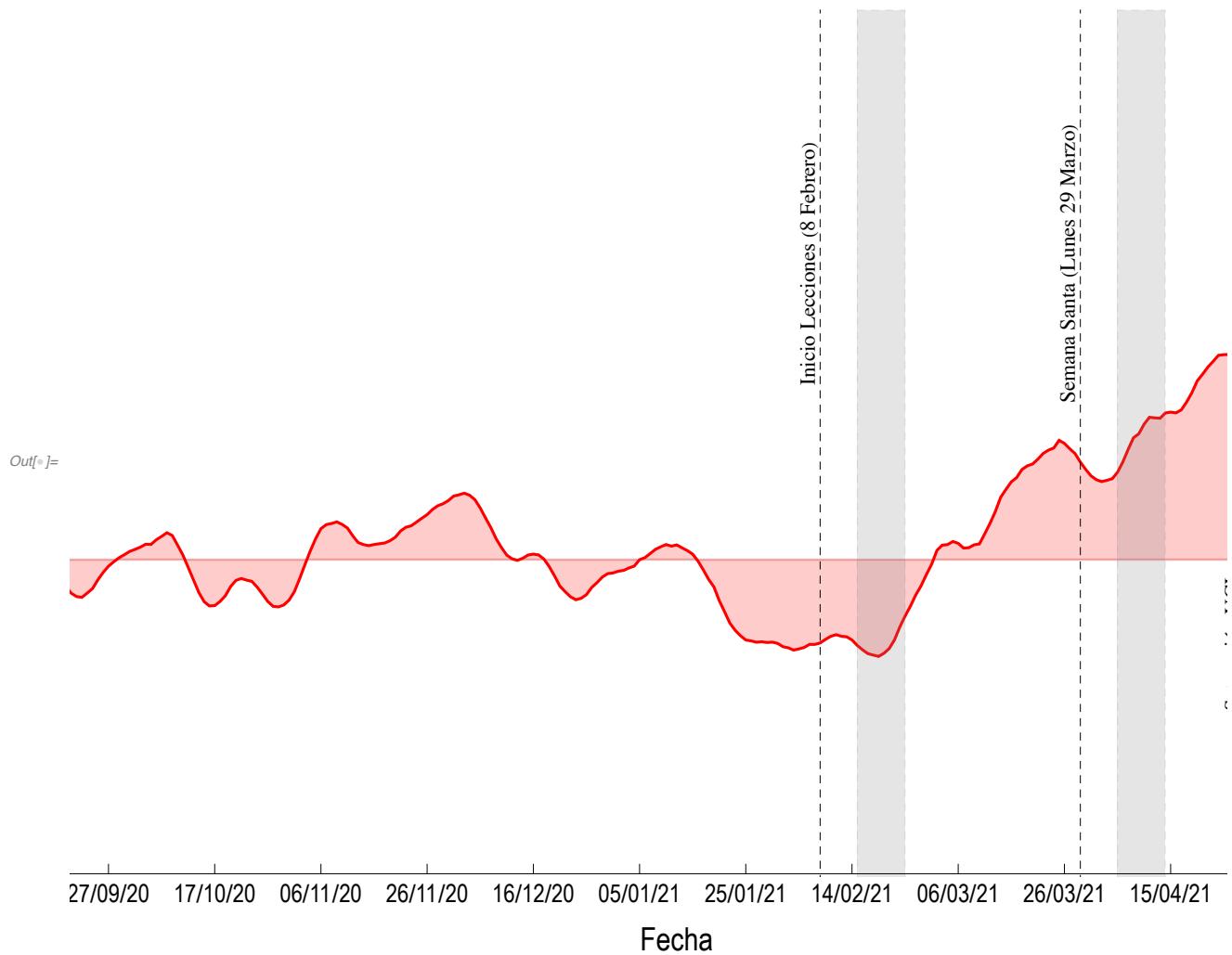
Es decir, se observa un efecto de la semana santa en el cambio de R_t . Sin embargo, también se observa un cambio en la tasa de contagio desde antes, que se pudo asociar con inicio de actividad escolar. Es decir, para el momento que R_t aumenta debido a semana santa, ya era mayor que 1 de manera persistente y venía en aumento constante, desde mediados de febrero.

Si se ven las medidas de cierre de comercio de mayo, también se podría decir que tienen efecto, sin embargo la baja de R_t viene desde antes de esa medida, es decir hay otro factor que inicio el descenso de la tasa de contagio, donde las medidas de mayo luego contribuyen.

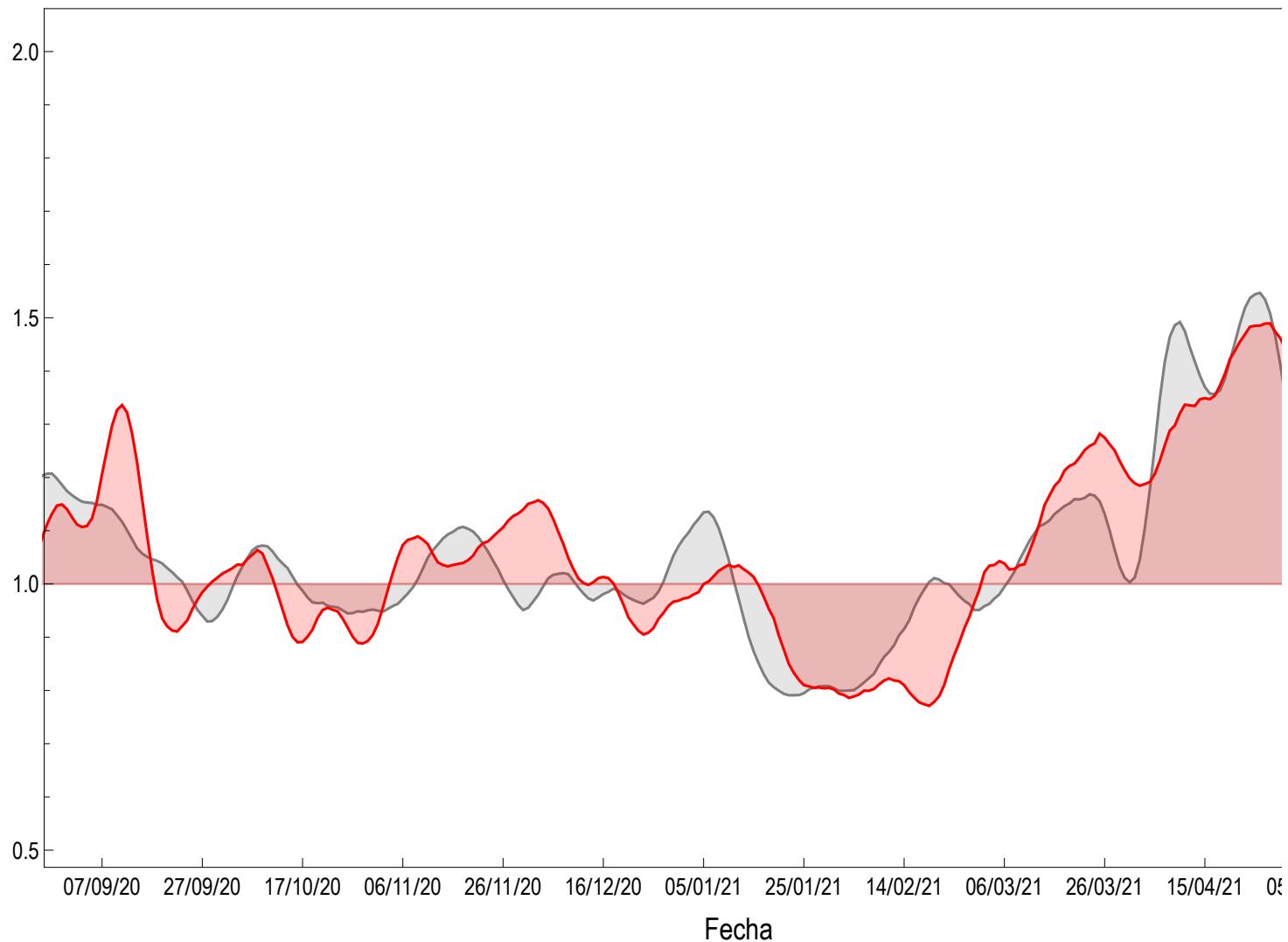
R a partir de hospitalizaciones (R_h)

DPor la forma en que se registran casos nuevos, donde hay un número limitado de pruebas que se aplican, el reporte de casos diarios no corresponde al día sino a varios días de forma irregular. Para corregir este problema, es posible realizar el mismo cálculo de tasa de contagio, pero desde la perspectiva de hospitalizaciones.

Los datos de hospitalización representan de forma instantánea los ingresos y egresos del hospital, dando una imagen mucho más cercana al tiempo de incubación y aparición de síntomas. Adicionalmente, los datos muestran una relación proporcional, con respecto al total de casos del país, de 6% que se ha mantenido durante toda la pandemia. Esto nos permite inferir, que el registro de hospitalizaciones representa bien a la aparición de casos en la población, y dado que es un reporte instantáneo, permite una imagen algo más clara. El siguiente gráfico muestra la tasa de contagio de hospitalizaciones, calculado usando la misma fórmula, que se puede interpretar como el número de nuevos contagios hospitalizables que una infección primaria puede ocasionar. Esta tasa, que llamamos R_h , se muestra a continuación,



La interpretación con respecto a medidas es similar. Es mucho más claro que el inicio de lecciones es uno de los factores que llevó a R_h a ser superior a 1 a inicios de marzo, y a partir de allí comenzó el crecimiento de hospitalizaciones de forma acelerada. Comparado con R_t el resultado se interpreta de manera similar. En la siguiente figura se muestra R_t en gris y R_h en rojo,



En general la tendencia de aumento de la tasa de contagio, tanto vista desde los nuevos casos como desde las nuevas hospitalizaciones, viene desde mucho tiempo antes de semana santa. Semana santa contribuye, del mismo modo que el inicio del año lectivo, y los relajamientos de medidas de marzo.

Adicionalmente, por la forma en que se registran las hospitalizaciones, pareciera que R_h es mucho más sensible a los cambios que R_t , que es afectada por la estrategia de testeo.

Comentarios Finales

- Al interpretar R_t y R_h se deben considerar las tendencias de varios días (crecimiento y decrecimiento en el tiempo), no solamente un punto en el tiempo.
- R_t es un parámetro que detecta las tasas de contagio en el pasado para llegar al presente, no lo que va suceder en el futuro. Utilizar este parámetro para proyectar el futuro es delicado, y puede ser afectado para su interpretación con el filtro que se aplique para suavizar el gráfico.

- La pandemia además de ser no-lineal es un proceso estocástico, lo que dificulta anticipar puntos críticos que pueden cambiar su comportamiento. Más aún, si sólo se observan desde los cambios en R_t . Un ejemplo de esto es la saturación de UCI, no se percibe de forma clara en R_t , pero si en R_h . Por esta razón es necesario utilizar múltiples métricas para entender el estado de la situación y tomar decisiones adecuadas.
- Hay un consenso entre lo que hemos sugerido con velocidades de hospitalización donde utilizamos un análisis estadístico que identifica el inicio de lecciones como un punto de cambio en la tendencia de hospitalización (ver sitio web) y el R_h que sugiere dos cosas: primero, que semana santa no fue el disparador de la ola actual, y segundo, que el inicio del ciclo lectivo tiene una probabilidad mayor de ser el punto de inicio de la nueva ola epidémica.
- Toda medida aplicada parte de un principio de si existe evidencia suficiente para tomar una medida, y debido a la dificultad de controlar COVID-19 a nivel de población, se utiliza el principio de cautela y el pero caso posible, para preparar al sistema acordemente. Bajo ese mismo principio, nosotros hemos recomendado la suspensión temporal de las actividades educativas, al encontrar evidencia suficiente para alertar de la situación.