



## Reporte al 19 de septiembre de 2020 de la estimación del semáforo epidemiológico de Querétaro

Ruth Corona Moreno, Mario Santana Cibrian, Jorge X. Velasco Hernández  
Nodo Multidisciplinario de Matemáticas Aplicadas  
Instituto de Matemáticas UNAM Juriquilla

21 de septiembre de 2020

### ADVERTENCIA:

- Este documento resume resultados de investigación preliminares para efectos de información únicamente.
- Estos resultados no han sido certificados por la revisión de pares y, por ello, en seguimiento de los estándares académicos internacionales, no pueden usarse para guiar decisiones clínicas ni de salud.
- Estos resultados no deben ser reportados en los medios como información confirmada.

## Introducción

En este reporte se intenta reproducir el cálculo del semáforo epidemiológico definido por la Secretaría de Salud. Es importante enfatizar que estos cálculos están basados en datos y una aproximación a la metodología usada por la DGE. Se usan los 10 indicadores establecidos por la Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, en el documento *“Estimación de riesgo epidémico COVID-19 para el periodo del 31 de agosto al 13 de septiembre para Querétaro”*.

**En la última sección se presenta un resumen con la interpretación técnica de algunos indicadores del semáforo.**

## Semáforo

De acuerdo a esta aproximación, y a la fecha de elaboración de este reporte (21 de septiembre, 2020), el estado de Querétaro estaría en semáforo AMARILLO del lunes 28 de septiembre de 2020 al 11 de octubre de 2020. Sin embargo, el score correspondiente difiere en una unidad del valor mínimo que asigna un semáforo NARANJA. Los detalles de este cálculo pueden encontrarse en la Tabla 1.



Indicador	Trend	Valor	Score
Número reproductivo efectivo $R_t$	↓	0.892	3
Tasa de incidencia de casos estimados activos por 100 mil habitantes	↓	25.75	1
Tasa de mortalidad por 100 mil habitantes	↓	4.86	2
Tasa de casos hospitalizados por 100 mil habitantes	↓	10.57	2
Porcentaje de camas generales ocupadas Red IRAG	↓	23%	0
Porcentaje de camas con ventilador ocupadas Red IRAG	↓	27%	0
Porcentaje semanal de positividad al virus SARS-CoV-2	↓	53.92%	4
Tendencia de casos hospitalizados por 100 mil habitantes	↓	-0.02107	2
Tendencia de casos de síndrome COVID-19 por 100 mil habitantes	↓	-0.168	1
Tendencia de la mortalidad por 100 mil habitantes	↓	-0.021	0
Semáforo	↓	15 (AMARILLO**)	

Table 1: Indicadores del semáforo epidemiológico para el estado de Querétaro de acuerdo a nuestra aproximación a la nueva metodología. Este semáforo entraría en vigor el 28 de septiembre de 2020. Los indicadores en rojo son sólo aproximaciones a los valores que posiblemente reportará la federación. La columna Trend muestra si el indicador subió (flecha roja) o bajó (flecha verde) respecto a la medición de la semana pasada.

**\*\*Este semáforo se obtiene considerando que la tendencia de mortalidad no se ve afectada por el retraso en el registro de defunciones (Figura 3). Sin embargo, los datos de mortalidad (Figura 14) sugieren considerar un retraso promedio de 3 días para contar con una buena medición de la misma. Si se toma en cuenta esta observación en el cálculo del semáforo, entonces el valor del indicador “tendencia de la mortalidad por 100 mil habitantes” cambia a -0.0026, que corresponde a un score de 2. De esta manera, el score total suma 17 para el semáforo, lo cual correspondería al color NARANJA.**

### Aclaraciones sobre el cálculo:

1. Para calcular las tasas de incidencia, mortalidad, casos hospitalizados, porcentaje de positividad y tendencias, se usó la base de datos abierta que publica diariamente la Secretaría de Salud [2], con datos actualizados el 21 de Septiembre de 2020. El análisis comprende los datos hasta el sábado 19 de septiembre para considerar únicamente semanas epidemiológicas completas.
2. **Número reproductivo efectivo  $R_t$ :** se consideró el promedio de las estimaciones de  $R_t$  del 2 al 7 de septiembre para el estado de Querétaro, siguiendo la metodología presentada en [4]. Se consideran estas fechas ya que la base de datos federal, actualizada el 21 de septiembre, se recortó hasta el 07 de Septiembre para evitar sesgos debido a los posibles retrasos en la actualización de información.
3. **Tasa de incidencia de casos estimados activos por 100 mil habitantes:** no se conoce con detalle si este indicador incluye un porcentaje de los casos sospechosos de COVID-19; en este ejercicio se ha añadido la proporción de sospechosos determinada por el porcentaje de positividad.
4. **Tasa de mortalidad por 100 mil habitantes:** no se cuenta con este dato que viene de la Red IRAG, a la cual no tenemos acceso. Se utilizan en cambio las defunciones por COVID-19 reportados en la base de datos nacional en los últimos 14 días.

5. **Tasa de casos hospitalizados por 100 mil habitantes:** no se cuenta con este dato que viene de la Red IRAG a la cual no tenemos acceso. Se utilizan en cambio las hospitalizaciones COVID-19 reportados en la base de datos nacional en los últimos 14 días.
6. **Porcentaje semanal de positividad al virus SARS-CoV-2:** es el correspondiente al estado de Querétaro.
7. Nota técnica: se desconoce la metodología de suavizamiento usada sobre los datos antes de calcular los splines para determinar las tendencias. En esta aproximación no se aplica ningún suavizamiento.

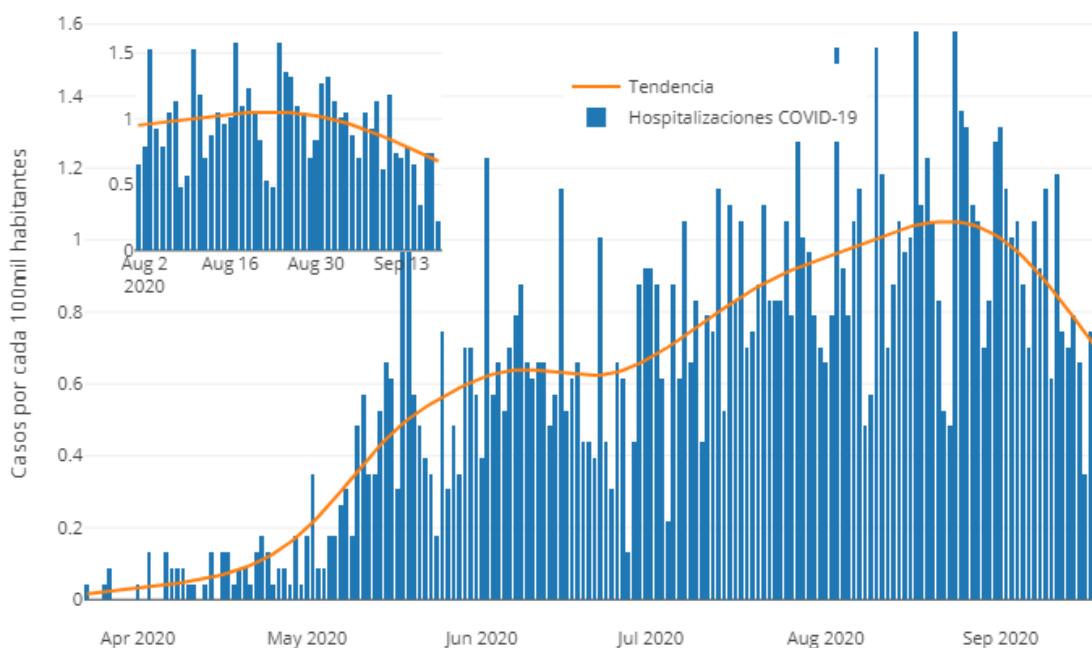


Figure 1: Hospitalizaciones COVID-19 diarias en el estado de Querétaro hasta el 19 de septiembre de 2020, por fecha de ingreso al sistema, según la base de datos publicada el 21 de septiembre de 2020 por la Secretaría de Salud.

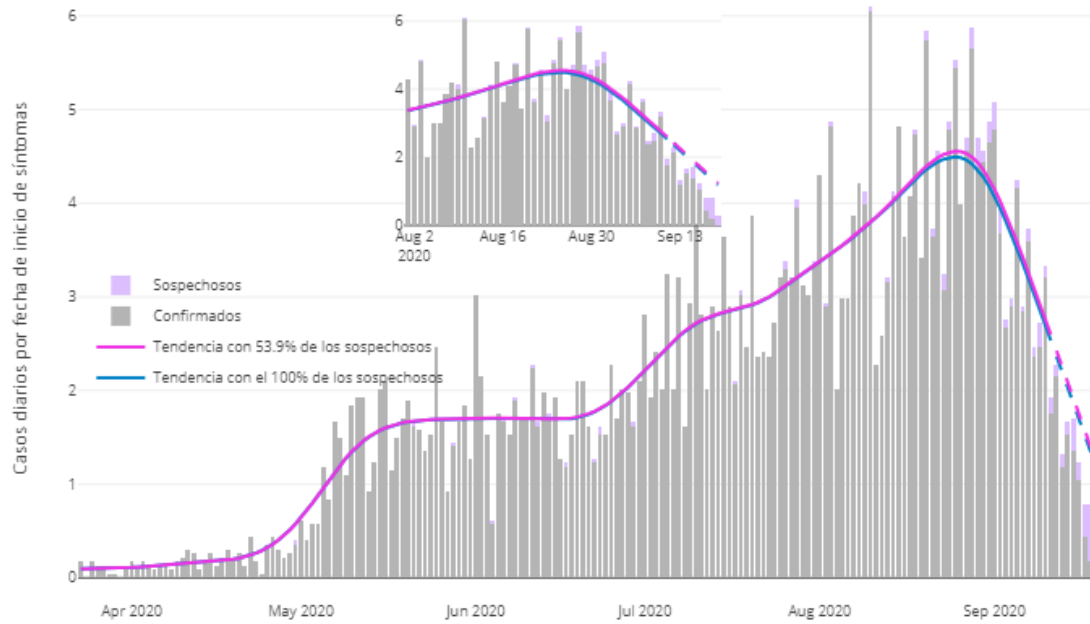


Figure 2: Casos diarios confirmados y sospechosos de COVID-19 en el estado de Querétaro hasta el 19 de septiembre de 2020, por fecha de inicio de síntomas, según la base de datos publicada el 21 de septiembre de 2020 por la Secretaría de Salud.

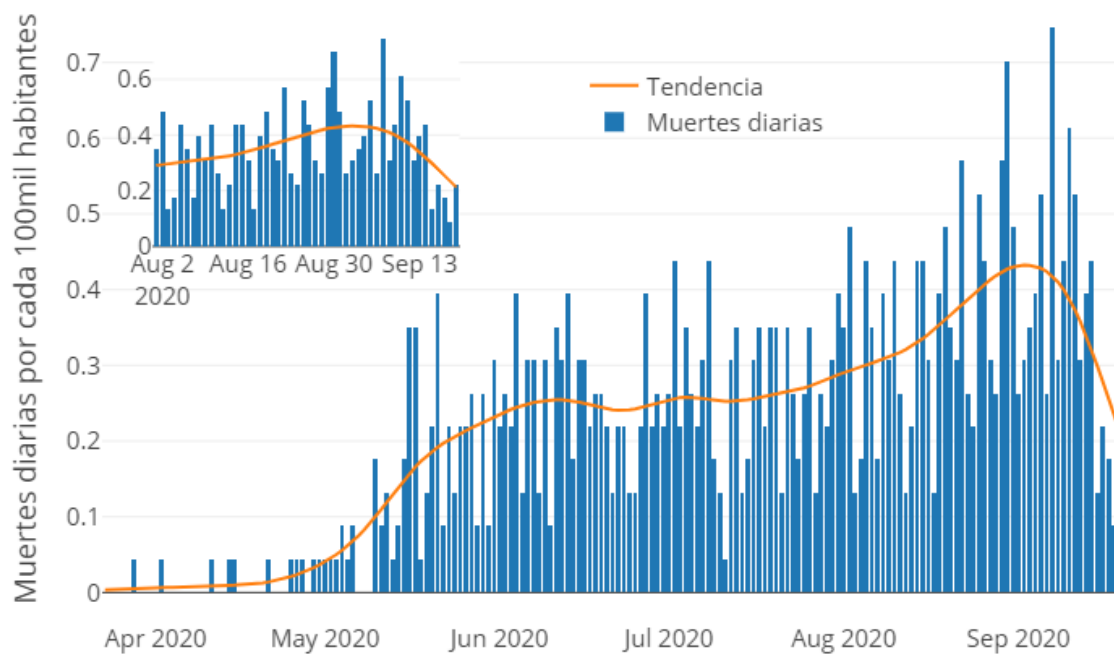


Figure 3: Muertes diarias por COVID-19 en el estado de Querétaro hasta el 19 de septiembre de 2020, por fecha de defunción, según la base de datos publicada el 21 de septiembre de 2020 por la Secretaría de Salud. Tendencia calculada sin considerar retrasos en el registro de datos de defunciones.

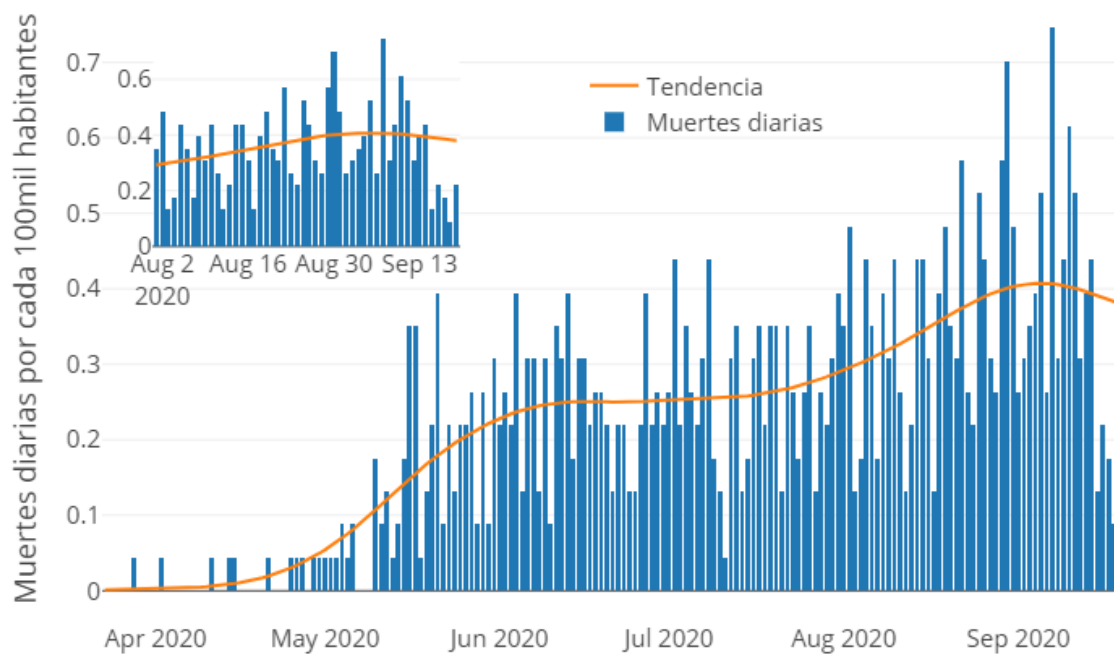


Figure 4: Muertes diarias por COVID-19 en el estado de Querétaro hasta el 19 de septiembre de 2020, por fecha de defunción, según la base de datos publicada el 21 de septiembre de 2020 por la Secretaría de Salud. Tendencia calculada considerando un retraso de 3 días en el registro de datos de defunciones.



## Apéndice: Estimación de $R_t$ s

Para las estimaciones de números reproductivos efectivos se utiliza la metodología propuesta en [1] y [4], mediante el uso de la paquetería *EpiEstim* implementada en el software estadístico *R* [3]. Posteriormente se suaviza la estimación aplicando una media móvil (Moving Average) de 6 días.

Los datos son descargados de [2] y para cada localidad se extrae la base de datos de incidencia por inicio de síntomas.

En este reporte se muestran los ajustes usando la base de datos actualizada el 21 de septiembre y recortada hasta el 7 de septiembre. Las gráficas de  $R_t$ s presentadas en esta sección muestran las estimaciones desde el 1 de junio, fecha en el que comenzó la reactivación económica en el país.

### 0.1 Estado de Querétaro

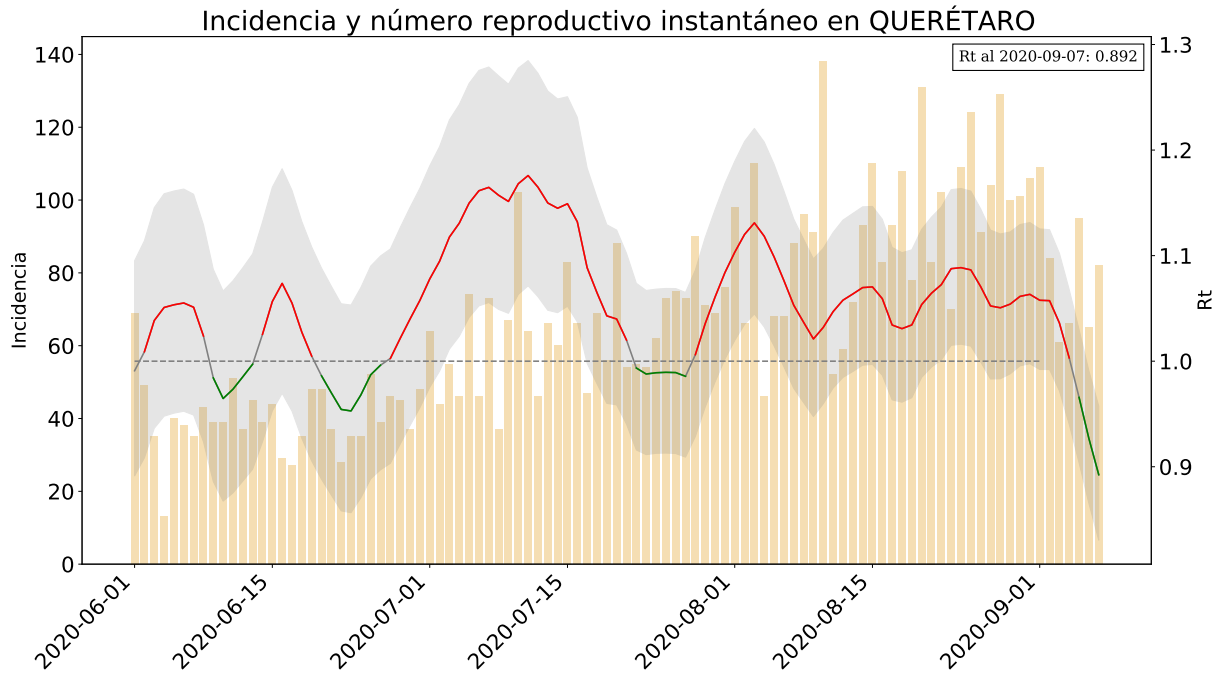


Figure 5: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 07 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.2 CADEREYTA DE MONTES

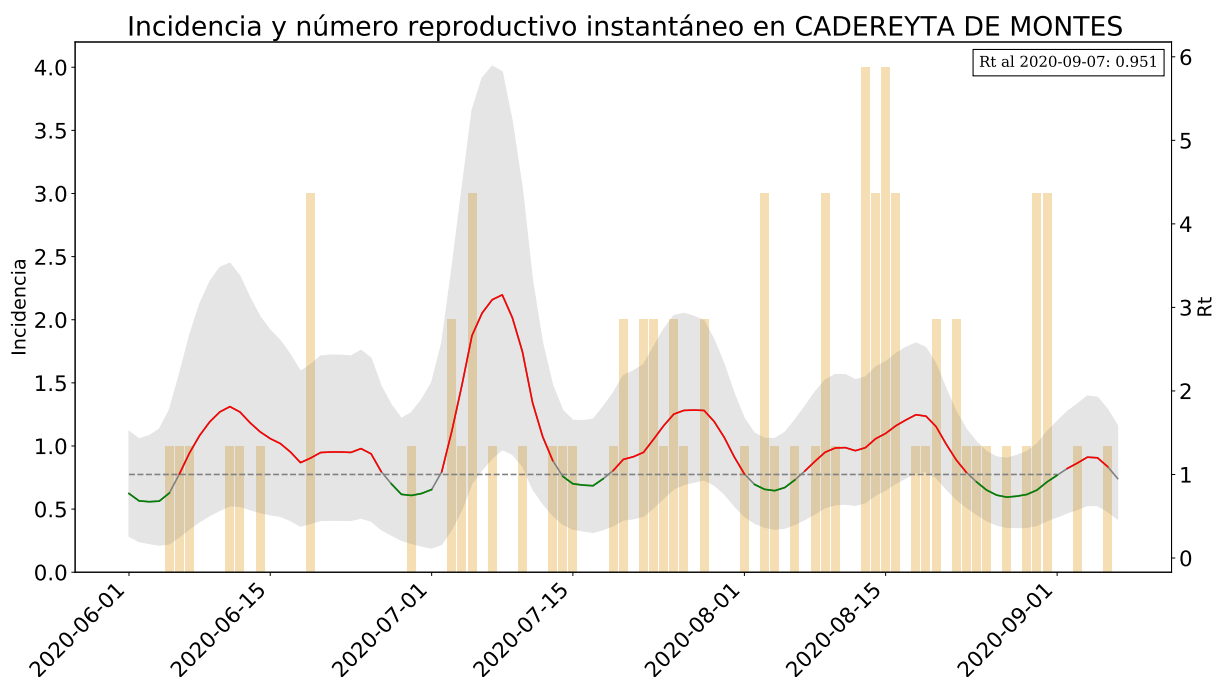


Figure 6: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.





### 0.3 CORREGIDORA

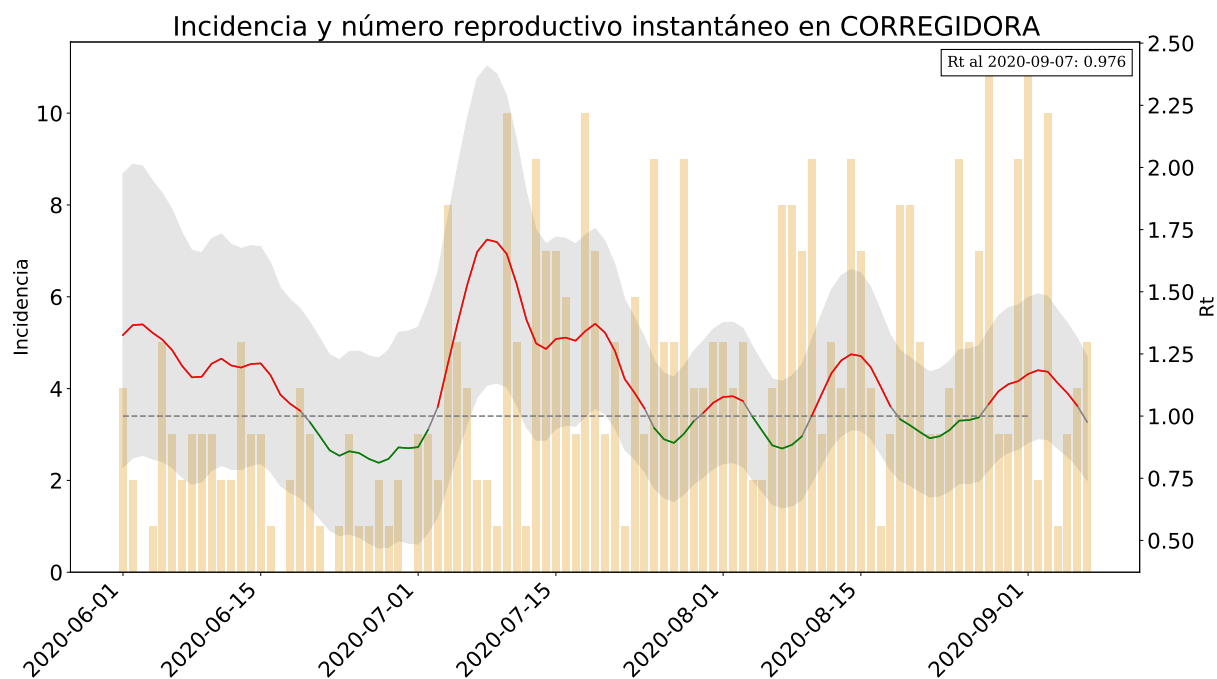


Figure 7: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.4 EZEQUIEL MONTES

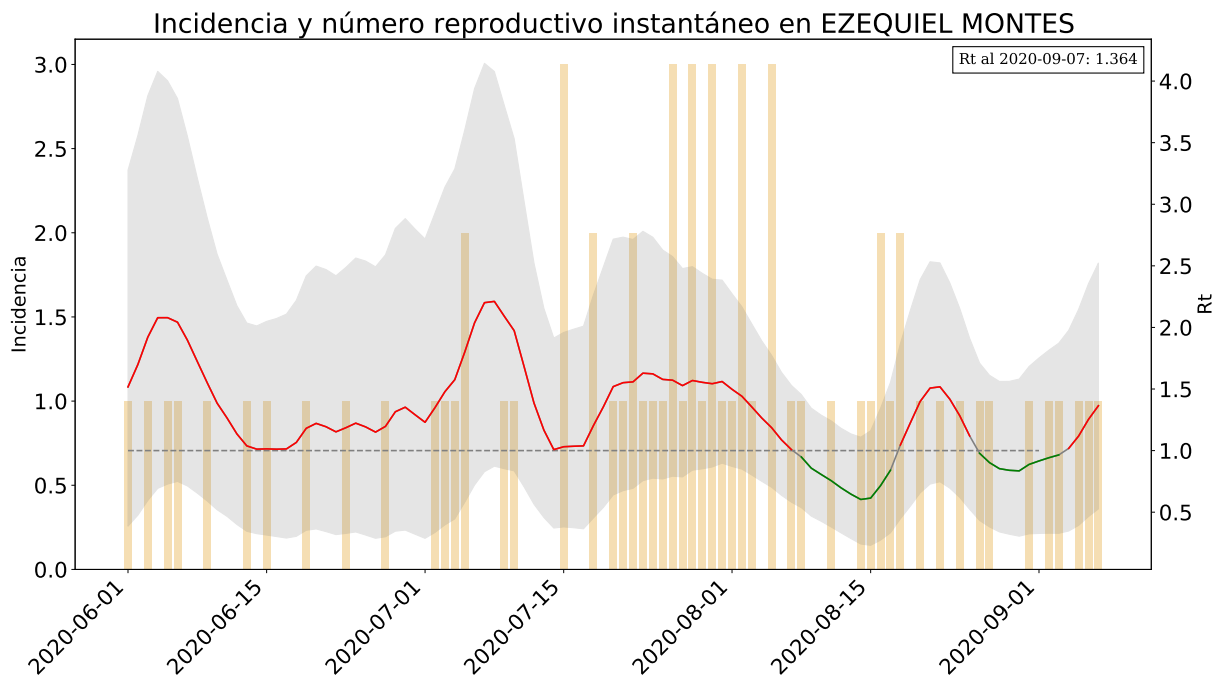


Figure 8: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.5 EL MARQUÉS

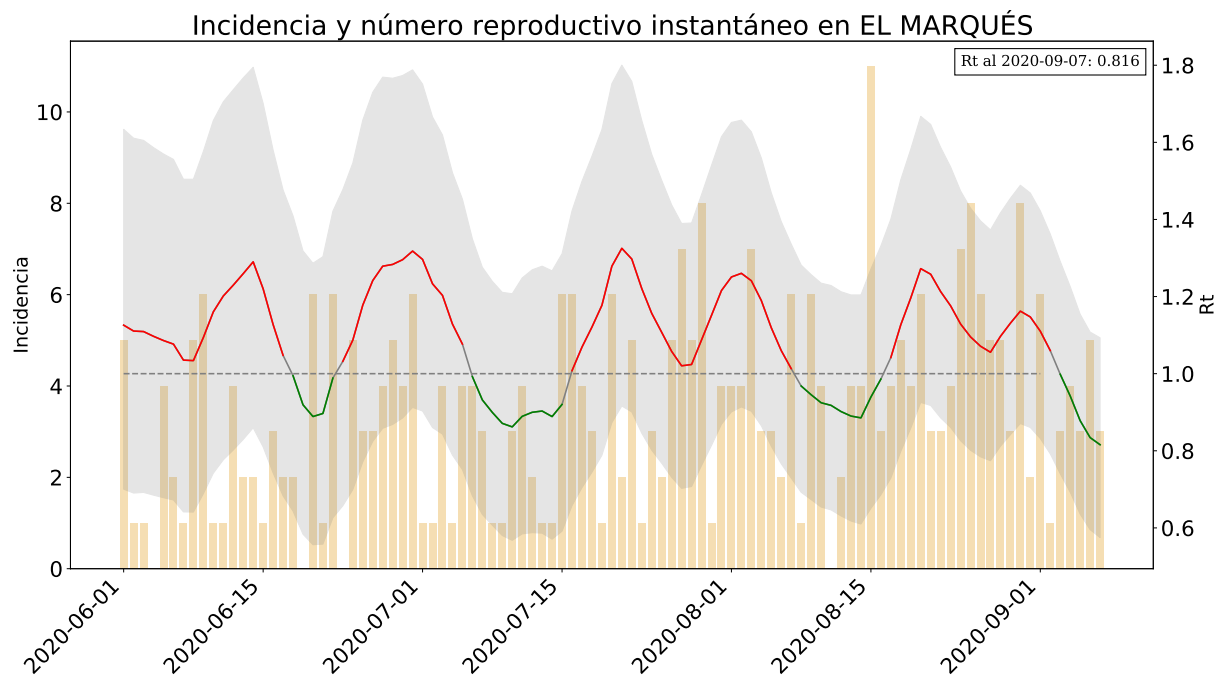


Figure 9: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.6 PEDRO ESCOBEDO

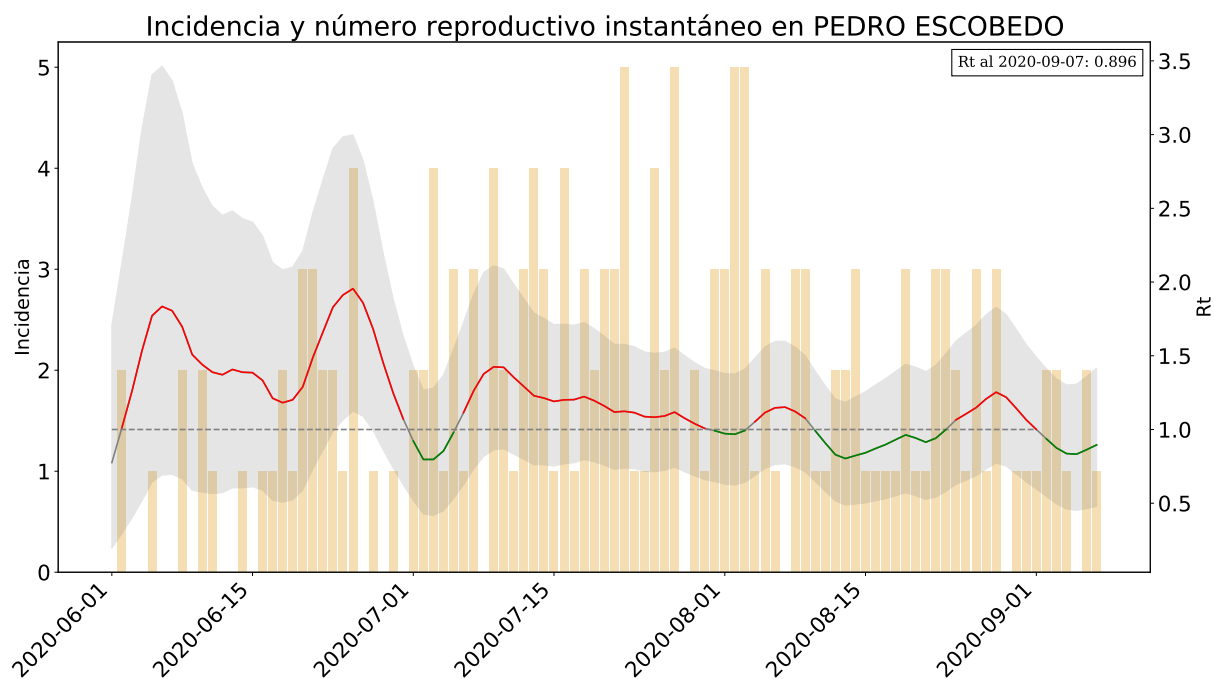


Figure 10: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.7 QUERÉTARO CAPITAL

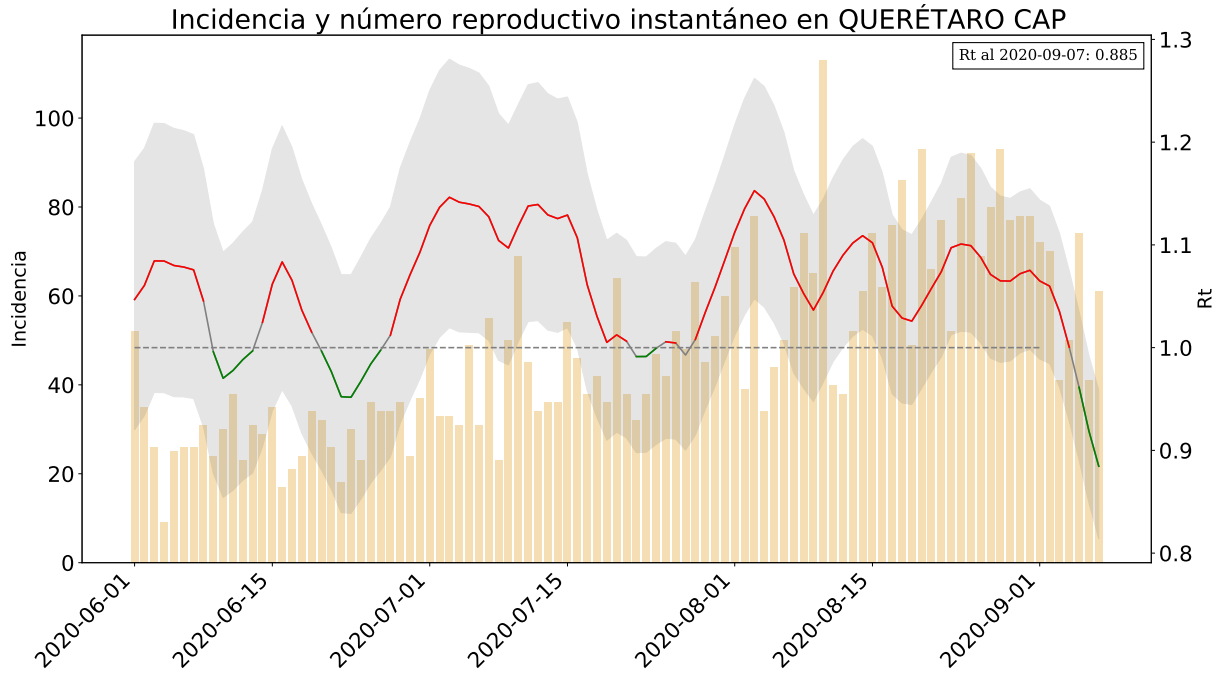


Figure 11: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.8 SAN JUAN DEL RÍO

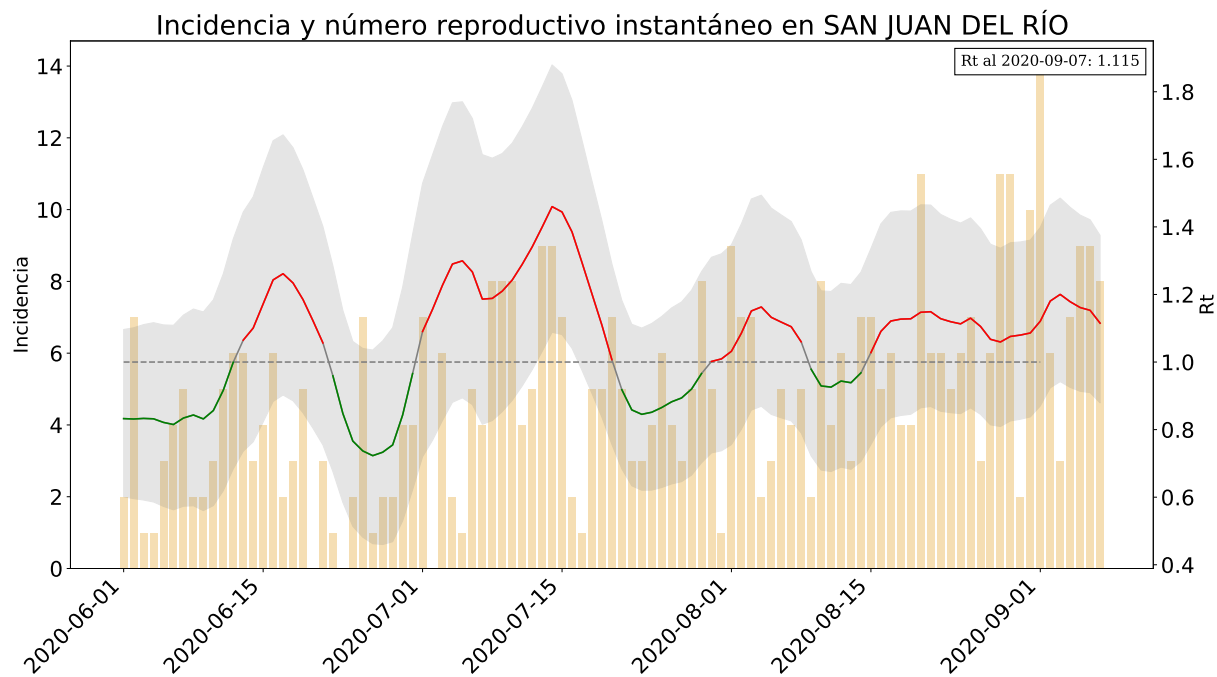


Figure 12: Estimación suavizada de  $R_t$  hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## 0.9 Comparación de $R_t$ s

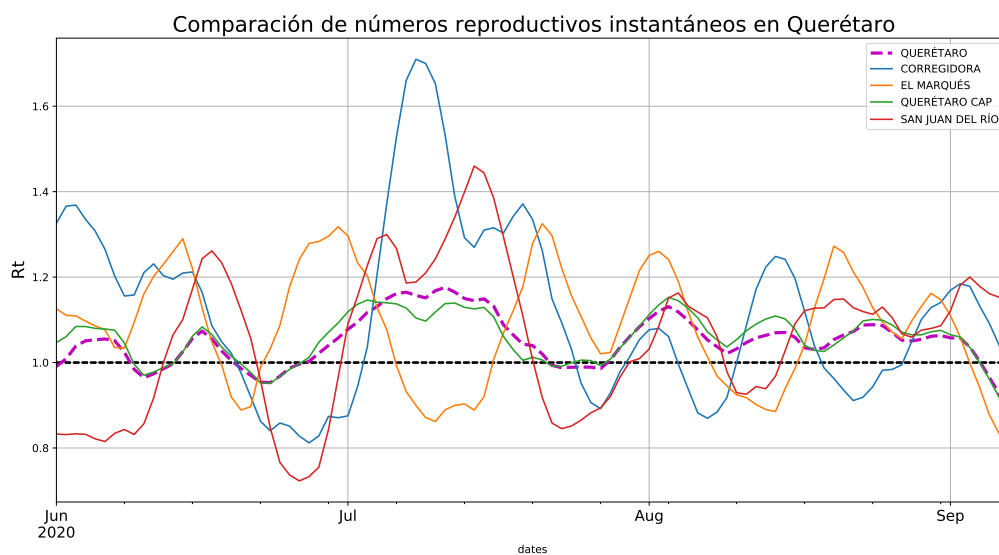


Figure 13: Comparación de  $R_t$  del estado de Querétaro y sus municipios con mayor incidencia hasta el 19 de Septiembre (recortada hasta el 7 de septiembre), aplicando media móvil de 6 días. Datos obtenidos de [2], actualizados el 21 de septiembre.



## Resumen interpretativo

- Respecto del semáforo, las hospitalizaciones muestran una notable tendencia a la baja (Figura 1) con respecto a la tendencia casi constante observada en el reporte pasado, disminuyendo en un lapso de dos semanas hasta el nivel observado en la primera semana de julio.
- Los casos confirmados (Figura 2) continúan mostrando una tendencia muy clara a la baja desde la última semana de agosto. Sin embargo, el número de casos sospechosos continúa bajo. Se sugiere considerar el número de pruebas aplicadas (dato desconocido para nosotros) y dar cuenta del índice de positividad observado entre el 30 de agosto y el 21 de septiembre, para evaluar la robustez de esta tendencia.
- Dado el retraso en el registro de defunciones (Figura 14), se sugiere omitir los últimos 3 días de datos disponibles para analizar su tendencia. Como se puede ver en la gráfica, 3 días es el tiempo promedio observado de retraso en reportes de mortalidad en las bases de datos. Si no se toma en cuenta este retraso en la información, la tendencia podría mostrar un descenso pronunciado debido al subreportaje de muertes y no a la dinámica de transmisión de la enfermedad.
- De las mediciones del número reproductivo instantáneo (con suavizamiento de 6 días), pueden observarse eventos de alta incidencia ( $R_t > 1.1$ ) en los municipios de Querétaro (27/6-26/7), San Juan del Río (1/7-20/7), Pedro Escobedo (27/6-1/7), El Marqués (27/6-1/7) y Corregidora (5/7-25/7). En general, el Estado de Querétaro mostró un evento global de alta incidencia que duró aproximadamente un mes, entre el 29 de junio y el 27 de julio.
- Es posible que como consecuencias de este evento, a partir del 1 de agosto aproximadamente, el Estado haya mantenido un  $R_t \approx 1.05$  prácticamente constante y que es el reportado para el 1 de septiembre. Se hace notar que, para el 7 de septiembre, el  $R_t$  estimado es de 0.89 e indica una reducción de aproximadamente 15%.
- Los municipios de San Juan del Río, Corregidora y, sobre todo, Querétaro, afectan muy notablemente la evolución de la epidemia a nivel estatal. El cálculo del  $R_t$  en otros municipios, aunque se reporta, es poco confiable debido a la poca incidencia observada en estas localidades.
- La caída pronunciada observada la semana pasada en el  $R_t$  debe evaluarse revisando los datos de incidencia comentados incisos arriba pues los eventos del 13-16 de septiembre pudieran haber constituido eventos superdispersivos (superspreading events), que pueden afectar significativamente tanto la expectativa de  $R_t$  como la del semáforo hacia finales del mes.
- Se observa que el  $R_t$  de San Juan del Río sigue arriba de 1. Sería importante explicar por qué Querétaro (ciudad) bajó tan significativamente su incidencia pero San Juan del Río no lo hizo. Esto es importante porque ambas ciudades son las que influyen de una manera muy notable la dinámica de la epidemia en el estado. Se hace notar también, que Ezequiel Montes y Pedro Escobedo muestran una tendencia a la alta en el  $R_t$  aunque, como se ha dicho arriba, la incidencia en estos municipios es baja lo que le da alta incertidumbre al  $R_t$ .
- La significativa reducción del  $R_t$  observada en esta última semana debe evaluarse con cuidado pues, en principio, tendría que explicarse por la reducción en la tasa efectiva de contacto generada por las políticas de distanciamiento social, por el uso de cubrebocas, etc. Es posible





## 0.9 Comparación de $R_t$ s

que las medidas mencionadas hayan sido efectivas desde el inicio del mes, aunque llama la atención que no lo fueran del 1 de junio al 1 de septiembre (Figura 4). No se cuenta con información específica de la efectividad de estas medidas por lo que únicamente se subraya la disminución del  $R_t$  en 15% en el lapso de una semana.

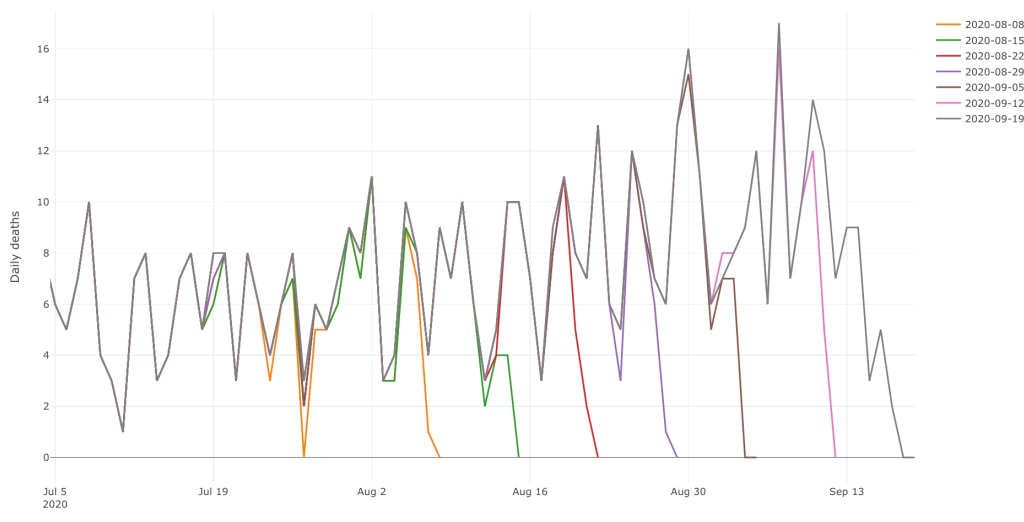


Figure 14: Comparación del registro de defunciones con datos actualizados semanalmente en diferentes fechas. Se observa que los datos tardan en coincidir entre 2 y 5 días. Por ejemplo, la curva observada para el 19 de septiembre coincide con la del 12 de septiembre hasta el día 9 de ese mismo mes, i.e., tres días de retraso.

## References

- [1] C. F. Anne Cori\*, Neil M. Ferguson and S. Cauchemez. A new framework and software to estimate time-varying reproduction numbers during epidemics. *American Journal of Epidemiology*, 178(9), 2013. doi: 10.1093/aje/kwt133. URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24043437>.
- [2] S. de Salud. Información referente a casos covid-19 en México. URL <https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-referente-a-casos-covid-19-en-mexico>.
- [3] T. et al. Overview, 2020. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/EpiEstim/vignettes/demo.html>.
- [4] R. Thompson, J. Stockwin, R. van Gaalen, J. Polonsky, Z. Kamvar, P. Demarsh, E. Dahlgvist, S. Li, E. Miguel, T. Jombart, J. Lessler, S. Cauchemez, and A. Cori. Improved inference of time-varying reproduction numbers during infectious disease outbreaks. *Epidemics*, 29: 100356, 2019. ISSN 1755-4365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2019.100356>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436519300350>.