

# Comparación de metodologías para la estimación del $R$ efectivo asociado al COVID-19 en Chile, según comuna y semana

Gabriel Arriagada, Luis Gutiérrez, Jaime Cerda, Leonardo Jofré,  
Danilo Garrido, Inés Varas, Jessica Pavani,  
Oscar Ortiz, Iván Gutiérrez

Pontificia Universidad Católica de Chile

13 de agosto de 2021

# Introducción

1. La pandemia de COVID-19 ha generado una necesidad por indicadores de la velocidad de propagación de la pandemia.
2. Uno de los indicadores más populares es el número de reproducción efectiva o *R efectivo*, que describe a cuántas personas infecta una persona infecciosa totalmente en promedio durante su tiempo siendo infeccioso.
3. En Chile, el *R efectivo* puede calcularse de forma fiable a nivel nacional y regional, pero a nivel comunal algunos métodos de estimación se vuelven demasiado volátiles para ser útiles.
4. En este trabajo, probamos varios métodos de estimación con datos chilenos e investigamos cuáles generan estimaciones sensatas del *R efectivo* a nivel comunal/semanal.

# Metodología

Se compararon 6 métodos de estimación del R-efectivo:

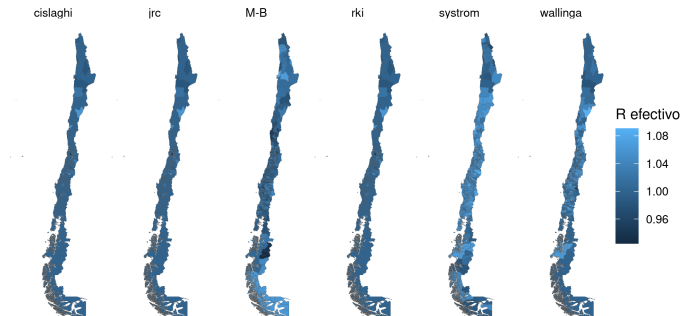
- ▶ Cislaghi ([2020](#)).
- ▶ Systrom ([2020](#)).
- ▶ Wallinga y Lipsitch ([2007](#)).
- ▶ Martinez-Beneito y col. ([2020](#)).
- ▶ Asikainen y Annunziato ([2020](#)).
- ▶ El método del Instituto Robert Koch (RKI).

Se puso un especial énfasis en que las estimaciones del R efectivo estuvieran dentro de rangos razonables y reflejaran la tendencia general de los contagios.<sup>1</sup>

---

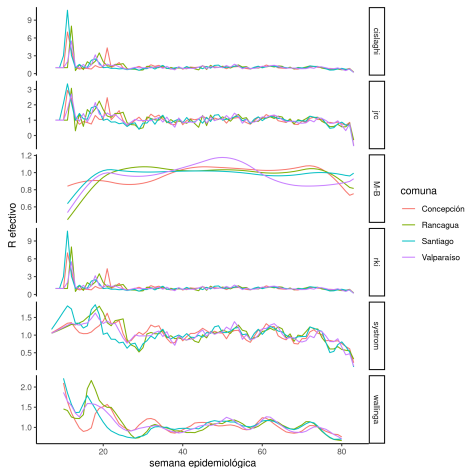
<sup>1</sup>Los detalles relacionados con la metodología y el pre-procesamiento de los datos pueden encontrarse en la versión extensa de este informe, disponible en [este enlace](#). El código para reproducir los resultados está disponible en [este repositorio](#).

# Resultados preliminares



**Figura:** Percentil 50 del R efectivo, según comuna y método.

# Resultados preliminares



**Figura:**  $R$  efectivo para 4 comunas seleccionadas, según semana epidemiológica y método.

# Resultados preliminares

En términos generales:

- ▶ Las medianas estimadas por todos los métodos son razonables.
- ▶ Sin embargo:
  1. Algunos métodos (como el de Systrom) arrojan predicciones fuera de rango (específicamente, negativas).
  2. Algunos métodos (como el de Cislaghi) son muy volátiles.
  3. Algunos métodos (como el de Martínez-Beneito) son demasiado estables.
- ▶ En nuestra opinión, el método que mejor se comporta en general es el de Wallinga y Lipsitch (2007).

## Aplicación

- ▶ Una posible aplicación del R-efectivo estimado previamente es usarlo como variable respuesta en un modelo para estimar el efecto de las fases del plan paso a paso sobre el R-efectivo.
- ▶ Consideremos, por ejemplo, el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}y_{rct} | x_{rct}, u_{rc}, v_r &\overset{iid}{\sim} \text{Gamma}(\nu, \text{rate} = \nu / \mu_{rct}), \\ \mu_{rct} &= (x'_{rct} \beta + u_{rc} + v_r)^{-1}, \\ u_{rc} &\overset{iid}{\sim} N(0, \sigma_u^2), \\ v_r &\overset{iid}{\sim} N(0, \sigma_v^2),\end{aligned}\tag{1}$$

donde

1.  $y_{rct}$  representa el R-efectivo para la  $c$ -ésima dentro de la  $r$ -ésima región durante la  $t$ -ésima semana epidemiológica.
2.  $x_{rct}$  es un vector de variables explicativas.
3.  $u_{rc}$  y  $v_r$  son efectos aleatorios.

# Aplicación

Entre las variables explicativas, se cuentan:

- ▶ La fase del plan paso en la semana pasada (como dummies).
- ▶ Características sociodemográficas de cada comuna (un índice de desarrollo socioeconómico<sup>2</sup>, un índice de ruralidad<sup>3</sup>, % de la población en diversos tramos de edad),
- ▶ Características relacionadas con la conectividad de cada comuna (e.g., si tiene un puerto o un aeropuerto).
- ▶ Características sanitarias de cada comuna (rezagos del % de la población con una y con dos vacunas y del % de la población en las comunas vecinas que se encuentra en cuarentena).
- ▶ Una base de B-splines (generados a partir de la semana epidemiológica y con un nodo por cada decil de esta variable).

---

<sup>2</sup>Elaborado por la OCHISAP.

<sup>3</sup>Elaborado por el MDS.



# Aplicación

- El siguiente Cuadro resume los resultados:

término	estimado	valor- $p$
(Intercepto)	0.48	0.00
Índice de desarrollo socioeconómico	0.08	0.01
Índice de ruralidad	0.13	0.00
Fase 2 (rezago 1)	-0.07	0.00
Fase 3 (rezago 1)	-0.16	0.00
Fase 4 (rezago 1)	-0.22	0.00
% de personas con esquema de vacunación completo (rezago 5)	-0.34	0.00
% de vecinos en cuarentena (rezago 1)	0.04	0.00

Cuadro: Estimación de  $\beta$  para el modelo descrito en la ecuación (1).

- Como se puede apreciar, a mayor grado de apertura, menor es el coeficiente asociado a la fase, y por consiguiente, mayor es el R-efectivo esperado.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>La razón es la siguiente. Sea  $x_{rct,k}$  la  $k$ -ésima componente del vector  $x_{rct}$ . Entonces,  $\partial E[y_{rct}|x_{rct,k}]/\partial x_{rct,k} = -\beta_k/(x'_{rct}\beta)^2$ , de modo que el efecto marginal tiene siempre el signo contrario al del coeficiente  $\beta_k$ .

# References I



Asikainen, T. & Annunziato, A. (2020). *Effective reproduction number estimation from data series* (inf. téc.). Joint Research Centre (European Commission). <https://doi.org/10.2760/036156>



Cislaghi, C. (2020). *Un cruscotto per monitorare l'evoluzione dell'epidemia*. Consultado el 9 de abril de 2021, desde <https://www.scienzainrete.it/articolo/cruscotto-monitorare-levoluzione-dellepidemia/cesare-cislaghi/2020-04-09>



Martinez-Beneito, M. A., Mateu, J. & Botella-Rocamora, P. (2020). Spatio-temporal small area surveillance of the Covid-19 pandemics. *arXiv e-prints*, arXiv:2011.03938.



Systrom, K. (2020). *The Metric We Need to Manage COVID-19*. Consultado el 3 de junio de 2020, desde <http://systrom.com/blog/the-metric-we-need-to-manage-covid-19/>



Wallinga, J. & Lipsitch, M. (2007). How generation intervals shape the relationship between growth rates and reproductive numbers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1609), 599-604. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3754>