

# Evaluación del efecto de las cuarentenas sobre la dinámica espacio-temporal de COVID-19 en Chile

Gabriel Arriagada<sup>1</sup>, Leonardo Jofré<sup>2</sup>, Inés Varas<sup>3</sup>, Danilo Garrido<sup>2</sup>, Oscar Ortiz<sup>1</sup>, Iván Gutiérrez<sup>2</sup>, Jessica Pavani<sup>2</sup>, Jaime Cerda<sup>4</sup>, and Luis Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales – ICA3, Universidad de O’Higgins*

<sup>2</sup>*Facultad de Matemáticas, Departamento de Estadística, Pontificia Universidad Católica de Chile*

<sup>3</sup>*Núcleo Milenio Centro para el Descubrimiento de Estructuras en Datos Complejos (MiDaS)*

<sup>4</sup>*Facultad de Medicina, Departamento de Salud Pública, Pontificia Universidad Católica de Chile*

## Resumen

En Chile, así como en diferentes partes del mundo, se han definido medidas sanitarias no farmacológicas con el objetivo de contener la pandemia del COVID-19. Es este sentido las restricciones de movilidad y el establecimiento de cuarentenas son las formas más frecuentes. Evaluar la efectividad de estas medidas es fundamental para la toma de decisiones que permitan el control de la propagación del contagio. Bajo este contexto, se presenta un estudio de cohorte pareado retrospectivo en el que se hace uso de un proceso de matching basado en información epidemiológica, demográfica y socio-económica entre las comunas con y sin cuarentena. Finalmente, mediante un modelo de efectos mixto de medidas repetidas se estima el efecto de la exposición de comunas de Chile a periodos de cuarentena en la evolución de los nuevos contagiados reportados. Se concluye que, además de observar gran variabilidad en el efecto de la cuarentena en las comunas, los casos nuevos de aquellas comunas con cuarentena tienden a bajar después de transcurridos alrededor de 30 días.

## 1. Introducción

La pandemia de COVID-19 representa el mayor desafío para la salud pública a nivel mundial en las últimas décadas. Luego de 14 meses desde su primer reporte en Chile, se han contabilizado alrededor de 1,6 millones personas infectadas ([Ministerio de Salud Chile \[a\]](#)) y al menos 35 mil personas fallecidas ([Ministerio de Salud Chile \[b\]](#)). Para controlar los efectos de esta pandemia, el gobierno nacional ha implementado el Plan Paso a Paso, que tiene como principal medida el establecimiento de restricciones de movilidad de las personas por tiempos delimitados, siendo la más restrictiva la cuarentena total (Fase 1). A pesar que la evidencia empírica sugiere que las cuarentenas se han asociado a una reducción de casos COVID-19 en Chile, todavía no existe claridad respecto a la magnitud y temporalidad de su efecto, ni como éste varía a lo largo del territorio.

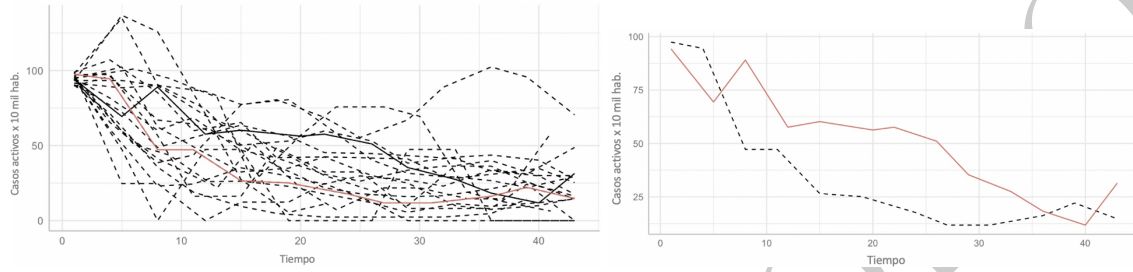
## 2. Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de las cuarentenas sobre el número de nuevos casos COVID-19 desde una aproximación observacional.

## 3. Metodología

El diseño correspondió a un estudio de cohorte pareado retrospectivo con el número de casos nuevos diarios reportados de COVID-19 a nivel comunal como variable de interés. La variable de exposición fue la presencia o no de cuarentena total en la comuna (Fase 1 del Plan Paso a Paso). Debido a que prácticamente todas las comunas fueron cuarentenadas en algún momento de la pandemia, se

compararon intervalos de tiempo con y sin cuarentena en diferentes comunas. Para hacer los intervalos de tiempo comparables, se realizó un procedimiento de pareamiento en dos etapas. En la primera, para una comuna expuesta (en cuarentena) con una cantidad determinada de casos activos al inicio del período de exposición, se identificaron comunas sin cuarentena con una cantidad similar de casos activos ( $\pm 5\%$ ). En la segunda etapa, se determinaron conglomerados de comunas con similares características socio-económicas y demográficas utilizando el método de clustering K-medias basado en distancias Euclidianas. Se seleccionó la comuna más similar del conglomerado en periodos sin cuarentena (comuna no expuesta). El intervalo de tiempo de comparación se extendió hasta que la comuna no expuesta entró en cuarentena o hasta que la comuna expuesta salió de cuarentena. Estas dos etapas se muestran en las Figuras 1 y 2:



(a) Fig. 1: Primera etapa del proceso de pareamiento: Curvas de casos activos cada 10 mil habitantes para diferentes comunas sin cuarentena (líneas punteadas negras) y una comuna con cuarentena (línea continua de color naranja).  
(b) Fig. 2: Segunda etapa del proceso de pareamiento: Selección final de la comuna sin cuarentena (curva línea punteada negra) que será la comuna control de la comuna sin cuarentena (curva continua de color naranja).

El logaritmo de los nuevos casos diarios COVID-19 por 10.000 hab. al interior de los intervalos de tiempo fue modelado en función de la variable de exposición, del tiempo y de otras variables potencialmente confundentes, utilizando el siguiente modelo de regresión lineal con efectos mixtos, para medidas repetidas:

$$\log(Y_{ijkt}) = x'_{ijkt}\beta + \gamma_i + z'_{ijkt}\varphi_{ij} + \eta_{ijk} + \epsilon_{ijkt},$$

donde  $Y_{ijkt}$  es el número de casos nuevos diarios de COVID-19 por cada 10.000 hab. en la comuna  $j$  de la provincia  $i$ , en el día  $t$  de la  $k$ -ésima serie asociada a la comuna  $j$ ,  $x'_{ijkt}$  es el vector de los efectos fijos (que incluye la exposición),  $\beta$  es el vector de coeficientes correspondiente,  $z'_{ijkt}$  es el vector de efectos aleatorios y  $\varphi_{ij}$  los efectos aleatorios de intercepto (a nivel comunal) y pendiente aleatoria para cuarentena a nivel comunal. Los términos  $\gamma_i$  y  $\eta_{ijk}$  son efectos aleatorios para la provincia y la  $k$ -ésima serie de la comuna, respectivamente. Se consideran los siguientes supuestos para los efectos aleatorios:

$$\begin{aligned} \gamma_i &\stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, \tau_\gamma^2), \\ \eta_{ijk} &\stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, \tau_\eta^2), \\ \varphi_{ij} &\sim \mathcal{N}_2\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \pi_0^2 & \pi_{01} \\ \pi_{01} & \pi_1^2 \end{pmatrix}\right). \end{aligned}$$

Además, los errores ( $\epsilon_{ijkt}$ ) se asumen que siguen una estructura de correlación exponencial debido a las medidas repetidas en el tiempo en cada intervalo que no estaban espaciadas uniformemente, es decir:

$$\epsilon_{ijkt} \mid \epsilon_{ijkt'} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2 \rho^{|t-t'|}).$$

Los datos epidemiológicos y de las cuarentenas fueron obtenidos desde el repositorio de datos COVID-19 del Ministerio de Ciencias del Gobierno de Chile (GitHub, Ministerio de Ciencias, Chile), mientras que los relativos a la demografía y nivel socioeconómico desde diferentes fuentes oficiales (ver detalles en [Ortiz et al. \[2021\]](#), Proyecto Epicovid). Para la construcción de los intervalos de comparación y modelo, se usaron las siguientes tablas:

1. Tabla de información de cuarentenas: p29\_cuarentena y p74\_pap\_dc
2. Tabla de casos activos diarios por comuna: p19\_activos\_dc
3. Tabla de casos nuevos diarios por comuna: p1\_casos\_total\_acumulado\_dc
4. Tabla con información socio-económica y demográfica: maestra\_comunas.

Las bases de datos utilizadas para el análisis propuesto se encuentran disponibles en [GitHub Proyecto Epicovid-Resultado 1](#).

## 4. Resultados

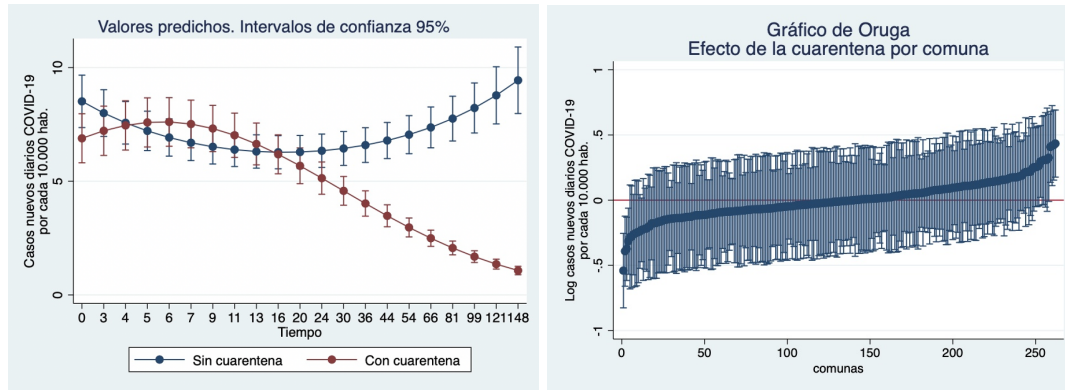
El modelo indica que los casos nuevos diarios de COVID-19 en los intervalos de tiempo bajo cuarentena fueron significativamente menores que en los intervalos de tiempo sin cuarentena, en promedio, solo después del día 30 (ver figura 3). Otras variables significativas en el modelo final fueron el día de la semana del reporte y el intervalo de tiempo entre los reportes (ver tabla 1). El efecto de la cuarentena varió significativamente entre comunas, lo que quedó constatado por la inclusión de una pendiente aleatoria para la cuarentena a ese nivel (ver figura 4).

Tabla 1: Coeficientes y valor-p para las cuarentenas y otras variables explicativas en el modelo final para el número de nuevos casos diarios de COVID-19 por cada 10.000 habitantes (en escala logarítmica) en 262 comunas de Chile entre abril de 2020 y marzo de 2021 ( $n=17269$ )

Variable	Coeficiente	Valor-p	IC <sub>95 %</sub>
<b>Efectos fijos</b>			
Intercepto	12.421	<0.001	(0.9356; 15.486)
Tiempo	-0.5067	<0.001	(-0.6317; -0.3818)
Tiempo <sup>2</sup>	0.0888	<0.001	(0.0688; 0.1107)
Cuarentena (No cuarentena ref.)			
Cuarentena*Tiempo	11.461	<0.001	(0.9569; 13.263)
Cuarentena*Tiempo <sup>2</sup>	-0.2727	<0.001	(-0.3044; -0.2411)
Día semana (Domingo ref.)			
Lunes	-0.1122	<0.001	(-0.1928; -0.0316)
Martes	-0.0921	0.054	(-0.1856; 0.0015)
Miércoles	-0.2145	<0.001	(-0.3041; -0.1249)
Viernes	-0.2064	<0.001	(-0.2696; -0.1432)
Sábado	-0.2056	<0.001	(-0.3191; -0.0921)
Dif. mediciones (log días)	11.775	<0.001	(10.236; 13.315)
<b>Efectos aleatorios</b>			
Provincia ( $\tau_\gamma^2$ )	0.1039		(0.0552; 0.1958)
Comuna			
Intercepto ( $\pi_0^2$ )	0.0835		(0.0482; 0.1446)
Cuarentena ( $\pi_1^2$ )	0.0547		(0.0324; 0.0927)
Intervalo de tiempo ( $\tau_\eta^2$ )	0.1241		(0.1067; 0.1444)
Residuo (Estructura exponencial)			
$\rho$	0.7917		(0.7820; 0.8010)
$\sigma^2$	0.3772		(0.03653; 0.3895)

## 5. Conclusiones preliminares

Los resultados de este estudio indican que las cuarentenas aplicadas en Chile redujeron significativamente los nuevos casos de COVID-19, pero solo después de haber transcurrido alrededor de 30 días. Además, es posible afirmar que existe una importante variabilidad del efecto de la cuarentena entre las comunas de Chile.



(a) Fig. 3: Nuevos casos diarios por cada 10 mil habitantes predichos y sus intervalos de confianza del 95 % para comunas sin cuarentena (línea azul) y con cuarentena (línea roja) en el tiempo para las 262 comunas de Chile involucradas en el estudio. (b) Fig. 4: Gráfico de oruga indicando el efecto de las cuarentenas sobre el número de casos nuevos por cada 10 mil habitantes (en escala logarítmica).

## Referencias

- Ministerio de Salud Chile. Informe Epidemiológico N°116 Enfermedad SARS-Cov-2 (COVID-19) CHILE 30-04-2021, a. URL <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/05/Informe-Epidemiolo%CC%81gico-116.pdf>.
- DEIS Ministerio de Salud Chile. Informe Semanal de Defunciones por COVID-19 N°46 29-04-2021, b. URL <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/05/Informe-Semanal-defunciones-abril-29-2021.pdf>.
- Oscar Ortiz, Danilo Garrido, Gabriel Arriagada, Luis Gutiérrez, Jaime Cerda, Jessica Pavani, Leonardo Jofré, Inés Varas, and Iván Gutiérrez. Base de datos epidemiológica y sociodemográfica COVID-19 en Chile y el mundo. <https://epicovid.cl/>, 2021. URL <https://epicovid.cl/>.