

# Efecto de las medidas de control aplicada en países de la Unión Europea y de Latinoamérica sobre los casos COVID-19

Oscar Ortiz<sup>1,5</sup>, Jessica Pavani<sup>2</sup>, Luis Gutiérrez<sup>1</sup>, Jaime Cerda<sup>3</sup>, Leonardo Jofré<sup>2</sup>, Danilo Garrido<sup>2</sup>, Inés Varas<sup>4</sup>, Iván Gutiérrez<sup>2</sup>, and Gabriel Arriagada<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>*Facultad de Medicina, Departamento de Salud Pública, Pontificia Universidad Católica de Chile*

<sup>4</sup>*Núcleo Milenio Centro para el Descubrimiento de Estructuras en Datos Complejos (MiDaS)*

<sup>5</sup>*Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile*

## Resumen

Debido a la pandemia del COVID-19, diversos países se han visto en la necesidad de implementar medidas de control sanitario. Actualmente, se desconoce el impacto de las medidas y si este varía dependiendo del continente y entre países de un mismo continente. Se implementó un modelo lineal mixto cuyo *outcome* corresponde al logaritmo de la tasa de casos nuevos, con distintas medidas sanitarias como predictores. Este modelo se aplicó a los países de la Unión Europea y América Latina. En el caso de la Unión Europea, todas las medidas tienen un efecto de disminución en los casos. Para América Latina, sólo algunas medidas indican una disminución en los casos.

## 1. Introducción

Desde comienzos del año 2020, el mundo se ha visto afectado por la pandemia del COVID-19. Durante el transcurso de este periodo, los gobiernos han tenido que implementar medidas de control y contención para disminuir la propagación del virus, evitar un colapso del sistema de salud y evitar la mayor cantidad de muertes a causa del COVID-19. Dentro de las medidas más conocidas se encuentra la cuarentena. Diversas investigaciones se han realizado para evaluar su efectividad (Hou et al., 2020; Tang et al., 2020) y se han generado extensos debates sobre si dicha medida logra disminuir la cantidad de casos. Dentro de la discusión se ha planteado si su efectividad varía dependiendo de qué país aplica la medida. Además de las cuarentenas, los gobiernos han implementado un conjunto de medidas de control, entre las que se encuentran el cierre de fronteras, cierre de escuelas, restricciones de transporte público, cierre de espacios de trabajo, restricciones de reunión y cancelación de eventos masivos.

Si bien se sospecha que las distintas medidas de control implementadas logran un efecto en la disminución de contagios, no se conoce cual es la magnitud del impacto que estas generan en la disminución de los casos, ni cuánto tiempo debe transcurrir para que surtan efecto. Además, se desconoce cual de todas las medidas implementadas es la que logra generar la mayor disminución de casos, y si existe alguna diferencia en la efectividad entre países.

## 2. Objetivos

El objetivo de este estudio consistió en evaluar el efecto de las medidas sanitarias implementadas por los países miembros de la Unión Europea y América Latina, y realizar una comparación de la efectividad de las medidas entre ambos continentes.

## 3. Metodología

El diseño correspondió a un análisis longitudinal de modelo lineal mixto (Fahrmeir et al., 2013) donde el *outcome* correspondió al logaritmo de la tasa de casos nuevos entre dos semanas consecutivas  $r_t = \ln\left(\frac{n_t}{n_{t-1}}\right)$ , variable que

cuando toma valores positivos significa que los casos nuevos están aumentando y cuando toma valores negativos significa que los casos nuevos están disminuyendo. Los datos fueron obtenidos de el repositorio COVID-19 Data Hub (Guidotti and Ardia, 2020), donde se actualizan con distinta frecuencia por país. Para corregir esta situación, se agrupó por semana calendario. Así, se establecieron observaciones con resolución temporal comparables. Las medidas sanitarias se reportan en cuatro niveles de intensidad en su aplicación, las cuales se transformaron a variables binarias cuya equivalencia indica si la medida sanitaria se aplicó. Este análisis permite evaluar la variación de la efectividad de una medida sanitaria en los distintos países. La incorporación de las medidas sanitarias a analizar se realizó bajo el criterio de variabilidad a lo largo del tiempo, es decir, si la variable fue variando durante el tiempo de observación. También se realizó un análisis del rezago en la respuesta de la medida, donde se estima cuantas semanas tarda en hacer efecto la aplicación de una medida sanitaria. El conjunto de medidas a analizar corresponde a: cierre de escuelas, política de información y prevención, restricciones de reunión, cancelación de eventos, restricciones de desplazamiento interno dentro del país, cierre de fronteras, restricciones en el transporte público, cuarentena y cierre de espacios de trabajo. Posteriormente, se consideró el inicio de las observaciones la sexta semana desde el primer caso positivo de COVID-19 en los países de la Unión Europea, y la cuarta semana para los países de América Latina. Esto debido a que  $r_t$  suele presentar gran variabilidad debido a la baja cantidad de casos en el periodo anterior. Posteriormente a las semanas indicadas, el logaritmo de la tasa de casos nuevos suele presentar un comportamiento más estable. Para más detalles de los datos ver Ortiz et al. (2021).

Se ajustó por separado un modelo mixto para los países de la Unión Europea continental (se excluye Irlanda), y se ajustó otro para los países de América Latina. El modelo para la Unión Europea está dado por:

$$\begin{aligned} r_{it} &= \beta_0 + \beta_1 \text{ cancel events}_{it} + \beta_2 \text{ gath. rest.}_{it} + \beta_3 \text{ school closing}_{it} + \beta_4 \text{ int. rest.}_{it} + \beta_5 \text{ ext. rest.}_{it} \\ &\quad + \beta_6 \text{ stay home}_{it} + \beta_7 \text{ workplace closing}_{it} + \gamma_{0i} + \varepsilon_{it}, \\ \gamma_{0i} &\sim N(0, \tau_0^2), \\ \varepsilon_{it} &\sim \text{MA}(1), \end{aligned}$$

donde  $i$  denota el país y  $t$  la semana,  $\gamma_{0i}$  corresponde al intercepto aleatorio y  $\varepsilon_{it}$  tiene una estructura de correlación temporal de medias móviles MA(1), es decir  $\varepsilon_{it} = \theta \varepsilon_{i(t-1)} + z_t$ , donde  $z_t \sim N(0, \sigma^2)$ . El modelo para América Latina está dado por:

$$\begin{aligned} r_{it} &= \beta_0 + \beta_1 \text{ cancel events}_{it} + \beta_2 \text{ school closing}_{it} + \beta_3 \text{ int. rest.}_{it} + \beta_4 \text{ ext. rest.}_{it} + \beta_5 \text{ stay home}_{it} \\ &\quad + \beta_6 \text{ workplace closing}_{it} + \gamma_{0i} + \gamma_{2i} \text{ school closing}_{it} + \varepsilon_{it}, \\ \gamma_{0i} &\sim N(0, \tau_0^2), \\ \gamma_{2i} &\sim N(0, \tau_2^2), \\ \varepsilon_{it} &\sim \text{MA}(1), \end{aligned}$$

donde  $\gamma_{2i}$  corresponde a la pendiente aleatoria para la medida sanitaria cierre de escuelas.

## 4. Resultados

El ajuste del modelo para los países de la Unión Europea indica que todas las medidas sanitarias implementadas ayudan a reducir el número de casos nuevos (Tabla 1). El signo negativo en los estimadores indica una disminución en los casos nuevos. Por otra parte, la variabilidad entre los distintos países solo viene dada por un intercepto aleatorio, lo que indica que cada país presenta una condición de partida distinta, pero que el efecto de las medidas sanitarias en la disminución de casos nuevos es el mismo para todos los países de la Unión Europea. La Figura 1 indica la condición inicial en que se encuentran cada uno de los países. Se observa que entre los países con una condición más desfavorable se encuentran Eslovenia, Chipre, Alemania, Italia y España. En cambio, Lituania y Luxemburgo inician con una condición favorable.

Tabla 1: Estimadores de las medidas sanitarias para los países de la Unión Europea.

Variable	Coefficiente	Error estándar	z	P>z	95 % IC	
cancelación de eventos lag3	-.1161043	.0339834	-3.42	0.001	-.1827105	-.0494982
restricciones de reunión lag1	-.0797237	.045705	-1.74	0.081	-.1693039	.0098565
cierre de escuelas lag2	-.1235829	.0294432	-4.20	0.000	-.1812905	-.0658753
restricciones internas lag3	-.0606834	.0352165	-1.72	0.085	-.1297066	.0083398
cierre de fronteras lag2	-.2267163	.0736471	-3.08	0.002	-.3710619	-.0823706
restricción transporte público lag3	-.2819966	.0805741	-3.50	0.000	-.439919	-.1240742
cuarentena lag2	-.0918296	.0329591	-2.79	0.005	-.1564283	-.027231
cierre de espacios de trabajo lag4	-.1140052	.0333621	-3.42	0.001	-.1793937	-.0486167
Constante	.6417848	.0787332	8.15	0.000	.4874705	.7960992
$\tau_0^2$	.0060339	.003076			.0022216	.0163879
$\theta_1$	.2160528	.0257744			.1649992	.2659518
$\varepsilon$	.1528746	.0061243			.1413302	.1653619

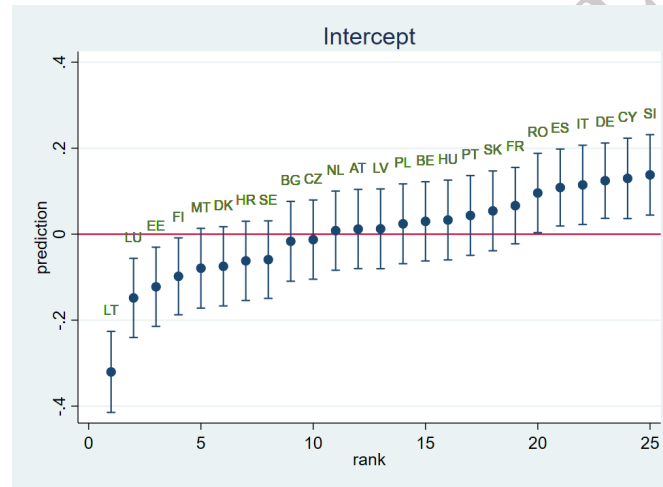
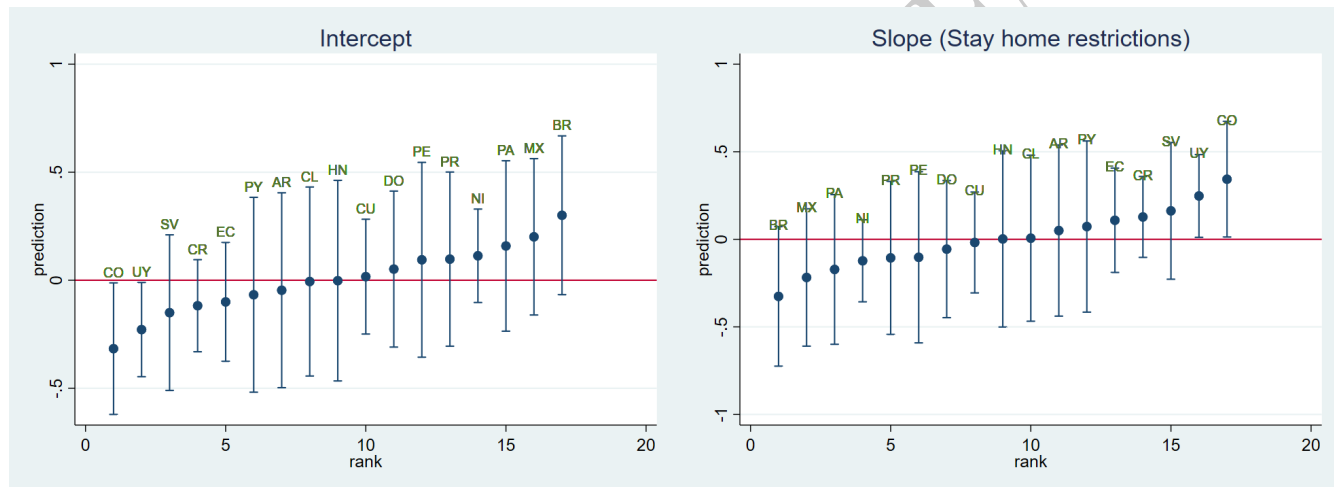


Figura 1: Intercepto aleatorio para los países de la Unión Europea.

Para el caso del modelo de América Latina, el análisis se realizó con una menor cantidad de medidas sanitarias, esto debido a que las medidas excluidas presentaban poca o nula variabilidad a lo largo del tiempo de observación. Casi todas las medidas sanitarias tienen un efecto de disminución del  $r_t$ , salvo para el caso de las restricciones de desplazamiento interno y cierre de fronteras (Tabla 2). El signo positivo en las estimaciones de algunas medidas sanitarias pueden deberse principalmente a que el cumplimiento de las medidas en América Latina puede diferir desde la adopción de la restricción a su efectivo acatamiento por parte de la población. La Figura 2 muestra que Brasil, México y Paraguay se encuentran en las condiciones más desfavorables respecto a la cantidad de casos nuevos. Chile se encuentra dentro del promedio de América Latina. Colombia y Uruguay tienen las condiciones más favorables. Para el caso de América Latina, se implementó una pendiente aleatoria para la cuarentena, la cual muestra diferencias en la efectividad de su aplicación para los distintos países de la región. Brasil, México y Paraguay se encuentran entre los países que más impacta la aplicación de cuarentenas para la disminución de casos.

Tabla 2: Estimadores de las medidas sanitarias para los países de America Latina.

Log retorno	Coefficiente	Error estándar	z	P>z	95 % IC	
cancelación de eventos lag4	-.0402643	.0543764	-0.74	0.459	-.1468402	.0663115
cierre de escuelas lag4	-.2451908	.0778414	-3.15	0.002	-.3977571	-.0926245
restricciones internas lag1	.0594991	.0309257	1.92	0.054	-.0011141	.1201123
cierre de fronteras lag4	.0835673	.0301904	2.77	0.006	.0243953	.1427393
restricción transporte público lag2	-.0506744	.0281552	-1.80	0.072	-.1058576	.0045088
cuarentena lag3	-.039004	.0321033	-1.21	0.224	-.1019253	.0239173
cierre de espacios de trabajo lag3	-.035624	.0457551	-0.78	0.436	-.1253023	.0540543
constante	.3132123	.0745984	4.20	0.000	.1670022	.4594224
$\tau_2^2$	.0396446	.0255634			.0112026	.1402978
$\tau_0^2$	.0374259	.024906			.0101559	.1379195
$\theta_1$	-.0482589	.0327421			-.1121458	.0160253
$\varepsilon$	.1399128	.0064784			.1277745	.1532041



(a) Interceptos aleatorios

(b) Pendiente aleatoria para la cuarentena

Figura 2: Resultados para los países de Latinoamérica.

Si se comparan los efectos de las medidas entre el continente Europeo y América Latina, se observa que la magnitud de los coeficientes respecto a las medidas implementadas en Europa, logran una mayor disminución de los casos nuevos, en contraste con América Latina, en donde la magnitud es menor, o incluso la aplicación de algunas medidas sanitarias resulta en un aumento de casos nuevos.

Para visualizar gráficos interactivos ver Resultado 2 disponible en <https://www.epicovid.cl>. Los datos utilizados en este estudio están disponibles en <https://github.com/COVID0248/Resultado2>.

## 5. Conclusiones preliminares

La implementación de medidas sanitarias para reducir contagios, analizado a través del número de casos nuevos, tiene un efecto esperado, en base al ajuste de los modelos aplicados. Para el caso de Europa, las medidas implementadas dan reflejo de una disminución de casos nuevos, y en el caso de América Latina, la gran mayoría de las medidas sanitarias también presenta un efecto de reducción en el número de casos nuevos. En el caso de las cuarentenas en América Latina, estas tienen un mayor efecto en la disminución de casos nuevos en los países que se encuentran en condiciones menos desfavorables. Principalmente ocurre debido a que en estos países no se aplica cuarentena. Las principales implicaciones que comprometen los resultados obtenidos, específicamente en América Latina, corresponde a la no homogeneidad y sospecha de bajo acatamiento de las medidas sanitarias implementadas por la autoridad.

Respecto al comportamiento como continente en conjunto, se observa que para las mismas medidas implementadas, el continente Europeo logra una mayor disminución en el número de casos nuevos, respecto de América Latina.

## Referencias

- Fahrmeir, L., Kneib, T., Lang, S., and Marx, B. (2013). Mixed models. In *Regression*, pages 349–412. Springer.
- Guidotti, E. and Ardia, D. (2020). Covid-19 data hub. *Journal of Open Source Software*, 5(51):2376.
- Hou, C., Chen, J., Zhou, Y., Hua, L., Yuan, J., He, S., Guo, Y., Zhang, S., Jia, Q., Zhao, C., et al. (2020). The effectiveness of quarantine of wuhan city against the corona virus disease 2019 (covid-19): A well-mixed seir model analysis. *Journal of medical virology*, 92(7):841–848.
- Ortiz, O., Garrido, D., Arriagada, G., Gutiérrez, L., Cerda, J., Pavani, J., Jofré, L., Varas, I., and Gutiérrez, I. (2021). Base de datos epidemiologica y sociodemográfica COVID-19 en Chile y el mundo. <https://epicovid.cl/>.
- Tang, B., Xia, F., Tang, S., Bragazzi, N. L., Li, Q., Sun, X., Liang, J., Xiao, Y., and Wu, J. (2020). The effectiveness of quarantine and isolation determine the trend of the covid-19 epidemics in the final phase of the current outbreak in china. *International Journal of Infectious Diseases*, 95:288–293.