

Carlos Acuña S.
Rodrigo Cerda N.
Hermann González B.
Felipe Larraín B.

www.clapesuc.cl

Covid-19: Un modelo para determinar la probabilidad e intensidad de una segunda ola de contagios

Documento de Trabajo N° 82 (agosto 2020)

Covid-19: Un modelo para determinar la probabilidad e intensidad de una segunda ola de contagios

Carlos Acuña S.

Clapes UC

Rodrigo Cerda N.

Pontificia Universidad Católica de Chile y Clapes UC

Hermann González B.

Clapes UC

Felipe Larraín B.

Pontificia Universidad Católica de Chile y Clapes UC¹

14 de agosto de 2020

¹ Carlos Acuña es Investigador del Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales (Clapes UC), cracuna@uc.cl

Rodrigo Cerda es Profesor Asociado de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Derecho y miembro del Comité Ejecutivo de Clapes UC, rcerdan@uc.cl

Hermann González es Coordinador Macroeconómico del Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales (Clapes UC), hegonzal@uc.cl

Felipe Larraín es Profesor Titular de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Economía y Administración y miembro del Comité Ejecutivo de Clapes UC, flarrainb@uc.cl

Resumen

La experiencia internacional indica que el proceso de levantamiento de las restricciones a la movilidad establecidas por efecto de la pandemia del Covid-19 ha ocurrido con más éxito en algunos países que en otros. En momentos en que nuestro país se encuentra en el proceso de levantamiento de restricciones sanitarias, es importante sacar lecciones de las experiencias exitosas y no cometer errores en el proceso.

En la primera parte de este trabajo se hace una revisión cualitativa de los países que comúnmente se identifican como víctimas de una segunda ola de contagios. Esta primera aproximación muestra que los principales factores detrás de estas recaídas serían la apertura de locales nocturnos y escuelas, el incumplimiento de restricciones, el desconfinamiento acelerado y la falta de testeo, problemas de trazabilidad de focos de contagios y la no utilización de mascarillas de forma obligatoria. Esta información cualitativa, si bien es valiosa, es insuficiente para guiar las decisiones de política pública.

Considerando lo anterior, en la segunda parte de este estudio, se presenta un modelo que define las segundas olas con un criterio objetivo e identifica los principales factores que afectan la probabilidad de que un país que presenta una contención preliminarmente exitosa como Chile, termine sufriendo una segunda ola.

Los resultados de esta estimación indican que:

- Los países con un mayor nivel de desarrollo tienen una probabilidad menor de padecer una segunda ola de contagios.
- Los testeos al momento de la máxima reapertura tienen un efecto negativo en la probabilidad de una segunda ola. Aumentar la cantidad de test, como lo ha estado haciendo Chile, reduce la probabilidad de una segunda ola.
- La probabilidad de una segunda ola aumenta entre 0,9 y 1,4 puntos porcentuales por cada incremento unitario en el número de contagios diarios por millón de habitantes al momento de la reapertura.
- La estrictez² de las medidas de confinamiento y el uso de mascarillas reduce la probabilidad de una segunda ola.
- Los casos acumulados al momento de la máxima reapertura tienen un efecto positivo en la probabilidad de una segunda ola. Esto indica que la denominada “inmunidad de rebaño” no permitiría evitar una recaída. De hecho, el coeficiente positivo indica que los países con primeras olas grandes tendrían una probabilidad mayor de sufrir una segunda.
- Ni los fallecimientos ni la movilidad al momento de la máxima reapertura tienen efectos significativos sobre la probabilidad de una segunda ola. En consecuencia, no se encuentra evidencia

² El índice de estrictez, cuya escala va de 0 a 100, agrupa las medidas de confinamiento adoptadas por cada país, entre las que se incluyen el cierre de colegios y universidades, el cierre de lugares de trabajo, la cancelación de eventos públicos, restricciones a las reuniones, cierre del transporte público, cuarentenas y limitaciones sobre viajes domésticos e internacionales.

que permita respaldar de forma concluyente avances en el proceso de reapertura en caídas de los fallecimientos, cuando se controla por otras variables como las antes mencionadas.

Si Chile alcanzara un índice de estrictez en torno a 40³ —como los países considerados en el modelo—, considerando que los casos diarios por millón de habitantes exceden 40, la probabilidad de una segunda ola sería superior a 95%. Para iniciar una reapertura de forma segura, los casos diarios por millón de habitantes debieran bajar significativamente de 40. Conseguida esta reducción de contagios, la probabilidad de una segunda ola dependerá de la estrictez de las medidas que se mantenga.

En perspectiva, los resultados de esta investigación ratifican lo observado de forma empírica, en el sentido de que las reaperturas más seguras se han producido en Europa, con un promedio diario de 20 casos por millón de habitantes, contrastando con la experiencia de algunos Estados de EE.UU., en los cuales se comenzaron a levantar restricciones mucho antes, con un promedio de 40 casos por millón de habitantes, pero agregan la importancia de los testeos, las medidas de estrictez utilizadas y el nivel de ingreso per cápita, para la probabilidad de sufrir una segunda ola.

Finalmente, en este trabajo analizamos los determinantes de la intensidad de una eventual segunda ola. Nuevamente los casos al momento de la máxima reapertura y el ingreso per cápita son estadísticamente significativos. Es decir, mientras mayor sea el número de contagios diarios por millón de habitantes al momento de la reapertura, más intensa podría ser una eventual segunda ola. A su vez, los países de mayores ingresos han tenido segundas olas menos intensas. Por su parte, la denominada inmunidad de rebaño no sería garantía de una segunda ola más leve.

Estimamos que un incremento unitario en los casos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura se traduce en un aumento de 46,7 en los casos totales por millón de habitantes durante la segunda ola. Si Chile iniciara un levantamiento significativo de las restricciones a la movilidad bajo las condiciones actuales, es decir, con cerca de 100 casos por millón de habitantes, los casos totales de la segunda ola serían del orden de 89 mil, cifra que representa el 23,6% del total de casos acumulados del país al 11 de agosto de 2020. Esta proporción disminuye al 2,36% si la máxima reapertura se inicia con 10 casos por millón de habitantes.

³ Al 27 de julio de 2020, Chile tenía un índice de estrictez de 86,57.

1. Introducción

En estos momentos nuestro país se encuentra en el proceso de levantamiento gradual de restricciones sanitarias, con regiones que vuelven parcialmente a las actividades y un plan del gobierno que consta de cinco etapas para desconfinar al resto de las comunas y regiones.

Como ha sido la tónica de esta pandemia, en otras partes del mundo donde la enfermedad llegó antes, se ha avanzado en el proceso de levantamiento de las restricciones con distinto éxito. Mientras algunos países enfrentan una segunda ola de contagios, otros los han mantenido controlados.

Chile debe sacar lecciones de las experiencias exitosas y no repetir los errores cometidos en aquellos lugares en que se están produciendo segundas olas, no solo por las consecuencias sanitarias y los costos en términos de vidas que genera esta pandemia, sino también por los efectos económicos y sociales que implica volver a pedir a las familias hacer cuarentenas y a las empresas cerrar sus puertas.

En la segunda parte de este trabajo, revisamos aspectos cualitativos que han caracterizado las segundas olas de contagio en el mundo, para luego estimar un modelo que calcula la probabilidad de tener una segunda ola, en función de indicadores de contagios, muertes, uso de mascarillas y restricciones sanitarias al momento de la apertura, entre otras variables.

2. Experiencia internacional: ¿qué han hecho mal los países que experimentan una segunda ola?

En ausencia de una vacuna contra el Covid-19, una enfermedad altamente contagiosa, es natural que el levantamiento de las restricciones sanitarias sin resguardo genere nuevas olas de contagio. Lo importante es que estos contagios sean acotados, localizados y que las personas contagiadas sean identificadas y puestas en cuarentena, al igual que sus contactos directos, para contener la propagación de la enfermedad y evitar poner nuevamente bajo presión el sistema de salud.

Por lo anterior, la mayoría de los países que han iniciado este proceso de desconfinamiento han mantenido ciertas restricciones de distanciamiento social y recomiendan u obligan el uso de mascarillas.

Pero no todos los rebrotes pueden considerarse como segundas olas. Si bien no hay una definición clara de lo que corresponde a una segunda ola, podemos identificarlas preliminarmente por una intensidad de contagios que obliga a las autoridades a reinstalar las cuarentenas, las restricciones a la movilidad y fortalecer las medidas sanitarias y de distanciamiento social. En la tercera parte de este documento, proponemos una definición formal de segunda ola.

Las segundas olas no son hasta ahora un fenómeno generalizado, sino que han ocurrido en algunos países. Los casos que más han sido destacados en la prensa son Israel, Australia, Japón, Hong Kong y España.

También está el caso de EE.UU. que primero tuvo una concentración de casos en Nueva York y luego la enfermedad se trasladó hacia otros estados, como Florida, Texas, California y Arizona.

Características de las segundas olas

Un hecho preocupante de algunas de las segundas olas que hemos visto hasta ahora es que pueden ser incluso más intensas que las primeras. Con la información preliminar disponible, no se puede decir que las segundas olas se produzcan en países que fueron más o menos golpeados por el Covid-19. Así, por ejemplo, Japón y Hong Kong y Australia tuvieron una primera ola no muy severa, Israel tuvo un primer shock mayor y España tuvo una primera ola que fue mucho más severa (Tabla 1).

El caso de España debe seguir monitoreándose porque es un ejemplo de que una primera ola severa no es garantía de que no ocurrirá una segunda ola. Lo anterior podría ser indicativo, por ejemplo, de que las segundas olas tienen más bien que ver con el comportamiento de la población y el levantamiento de las restricciones por las autoridades.

En materia de duración, se observan que (i) para los cinco países considerados, el tiempo transcurrido desde el primer *peak* hasta que comienza a formarse la segunda ola, es en promedio de unos 80 días corridos⁴ y (ii) Con heterogeneidad, el tiempo transcurrido desde que termina la primera ola y empieza la segunda ola es de 36 días corridos.

Tabla 1: Casos por millón de habitantes en el *peak*

País	Casos por millón de habitantes en el <i>peak</i>
Australia	15,3
España	169,0
Hong-Kong	6,8
Israel	72,6
Japón	4,3

Fuente: ourworldindata.org

⁴ En el caso de Chile, el *peak* de la primera ola de contagios ocurrió a mediados de junio.

Decisiones que podrían haber propiciado las segundas olas

La revisión de los hechos que podrían haber desencadenado las segundas olas o los rebrotes, sugiere que estos son diversos y dependen de cada país, pero aun así pueden encontrarse algunos factores comunes, como la apertura de locales nocturnos y escuelas, incumplimiento de restricciones, desconfinamiento acelerado y falta de testeo, problemas de trazabilidad de focos de contagios y la no utilización de mascarillas de forma obligatoria. (Más detalles en el Anexo 1). En relación con el uso de mascarillas, entre los países que se mencionan como víctimas de una segunda ola de contagios se encuentran algunos que usan intensivamente las mascarillas y otros donde el uso no es obligatorio ni masivo. En otras palabras, --al menos preliminarmente-- el uso elevado de mascarillas sería una condición necesaria, pero no suficiente, para evitar una segunda ola de contagios.

3. Un Modelo para estimar la probabilidad de una segunda ola

Los Datos

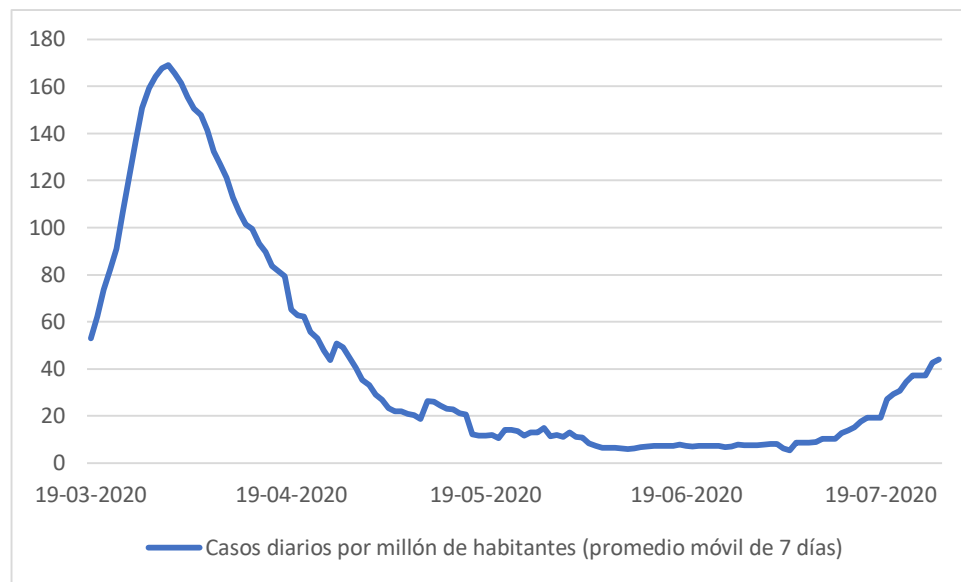
Existe consenso en que, para experimentar una segunda ola, un país debe:

- (i) haber reducido sustancialmente los casos desde el peak inicial y
- (ii) registrar un incremento relevante de los casos durante las semanas posteriores a dicha disminución. La evolución de la pandemia en España e Israel es congruente con esta intuición (ver Figura 1)⁵.

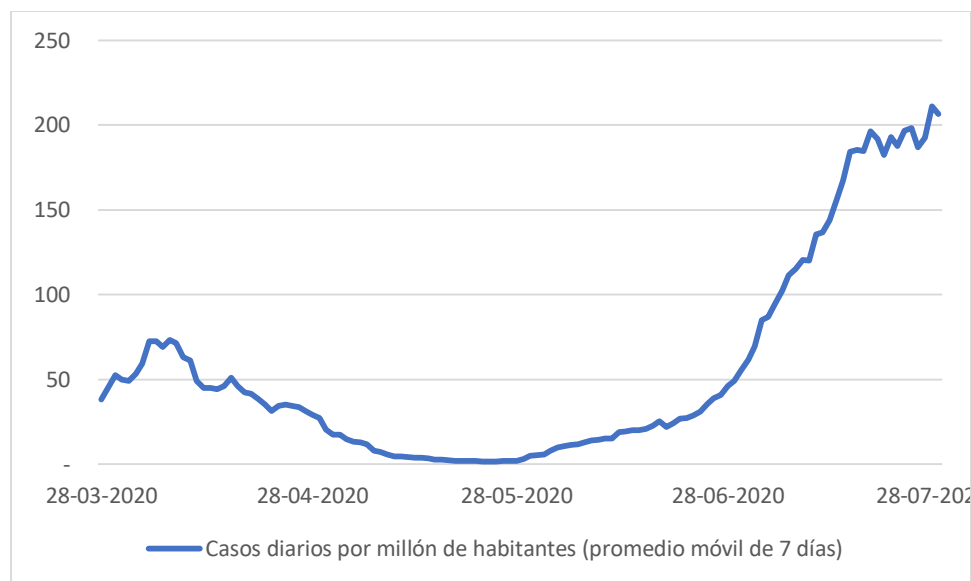
⁵ Se opta por ilustrar la dinámica de la pandemia en España e Israel porque múltiples expertos han advertido que estos países podrían estar padeciendo una segunda ola (ver, por ejemplo, Mitnick (2020) y Tidman (2020)).

Figura 1: Ejemplos de países con trayectoria de casos consistente con una segunda ola

a) España



b) Israel



Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org

Sin embargo, aún no existe una definición formal del concepto de “segunda ola” (Gallagher, 2020). Esta carencia constituye un desafío para el análisis empírico de este fenómeno. Adicionalmente, para derivar conclusiones estadísticamente válidas respecto de, por ejemplo, el vínculo entre las segundas olas y las reaperturas, se requieren datos que permitan analizar varios países simultáneamente. Actualmente, los artículos de prensa en torno a esta relación hacen referencia mayoritariamente a información cualitativa como la analizada en la sección anterior de este estudio, la cual, si bien es valiosa, es insuficiente para guiar

las decisiones de política pública. Para ello, los argumentos cualitativos deben ser complementados con otros de carácter cuantitativo. La metodología empleada en esta investigación pretende ser un aporte en esta dirección.

Los datos utilizados en este trabajo corresponden principalmente a los recopilados por la Martin School de la Universidad de Oxford, en conjunto con el Global Change Data Lab⁶. (MS-GCDL). Estas instituciones monitorean el avance diario del Covid-19 en cada país —casos, fallecimientos y tests acumulados y nuevos, en términos absolutos y como proporción de la población, así como la tasa de positividad de los exámenes PCR—, lo cual permite lidiar con el problema descrito en el párrafo precedente. La base de datos elaborada por estos organismos también contiene variables demográficas y socioeconómicas, como la esperanza de vida y el ingreso per cápita, de modo que los investigadores puedan tener una imagen más completa acerca de la influencia de estos elementos en la propagación de la enfermedad.

A esta base de datos se anexan otras tres. La primera en ser agregada es la elaborada por el Coronavirus Government Response Tracker, también de la Universidad de Oxford. Esta base contiene una serie de variables que permiten comparar, con frecuencia diaria, la intensidad de las restricciones a la movilidad, de las ayudas económicas e inversiones en salud que han realizado los gobiernos a causa de la pandemia. En ese sentido, este estudio pone el foco en el denominado **Índice de Estrictez**. Este indicador, cuya escala va de 0 a 100, agrupa las medidas de confinamiento adoptadas por cada país (cierre de colegios y universidades, cierre de lugares de trabajo, cancelación de eventos públicos, restricciones a las reuniones, cierre del transporte público, cuarentenas, limitaciones sobre viajes domésticos e internacionales). El análisis del Índice de Estrictez permite tener una aproximación de la magnitud de las reaperturas implementadas por los distintos países⁷ —hasta ahora, no hay una base de datos sobre reaperturas que aplique criterios uniformes y que, por lo tanto, permita realizar comparaciones entre países—.

En segundo lugar, se incorporan datos relativos a las políticas adoptadas por los distintos países en relación al uso de mascarillas, recopilados por la organización Masks4All⁸. De acuerdo con la Figura 2, la mayoría de las naciones exige el uso total o parcial de mascarillas en espacios públicos, o exhibe una utilización universal de estas (superior al 80%). Por su parte, en países como Estados Unidos y Brasil, el uso de mascarillas solo ha sido recomendado. Al 22 de julio de 2020, solo unos cuantos países no habían realizado

⁶ Estos datos están disponibles en el sitio web <https://ourworldindata.org/coronavirus>.

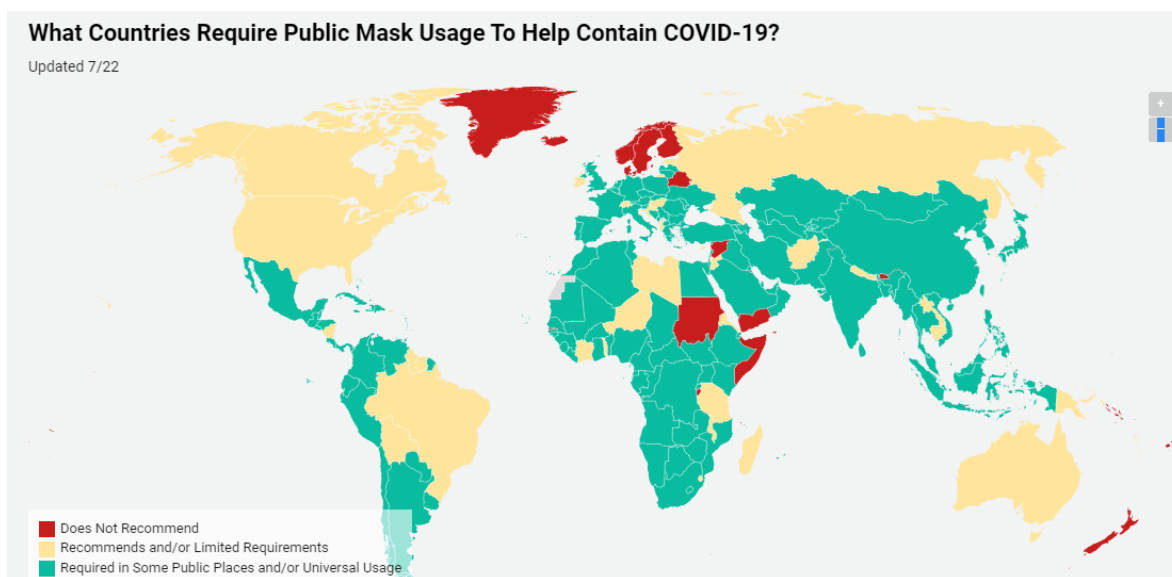
⁷ Más adelante en este estudio se da más detalle sobre este punto.

⁸ Ver el sitio web <https://masks4all.co/what-countries-require-masks-in-public/>

ninguna de las medidas descritas. En base a esta información, se crea un **Índice de Uso de Mascarillas** en cada país, cuyos detalles se explican en la sección empírica de este trabajo.

Finalmente, se agregan los **Índices de Movilidad a pie y en automóvil** calculados diariamente por Amazon⁹. Estos indicadores cuantifican la movilidad agregada de los distintos países respecto a la observada el 13 de enero de 2020 —en ese día, estas métricas son iguales a 100—, lo que permite determinar el impacto de las cuarentenas y las posteriores reaperturas sobre esta variable.

Figura 2: Exigencias y/o recomendaciones de uso de mascarillas alrededor del mundo



Fuente: Masks4All.

El periodo de estudio va desde el 10 de marzo al 29 de julio de este año, con una media de 117,8 observaciones por país —cifra equivalente a 3,9 meses—. Las variables utilizadas para monitorear la progresión de la pandemia por país son la tasa de positividad de los exámenes PCR y el promedio móvil de los nuevos casos por millón de habitantes durante los últimos 7 días.

Metodología de identificación de países con segunda ola

Dado que no existe una metodología única para identificar segundas olas, una de las contribuciones de este estudio consiste en proponer un método para hacerlo, el que consta de dos partes. En la primera la evolución

⁹ Estos datos se encuentran disponibles en el sitio web <https://www.apple.com/covid19/mobility>.

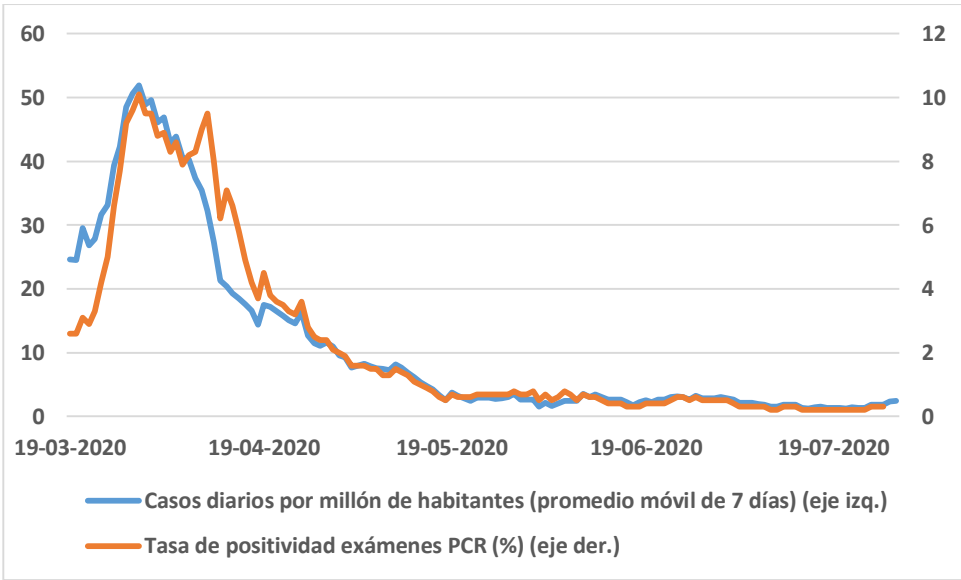
de la pandemia por país se divide en tres etapas de igual duración, y en la segunda los países se agrupan en cuatro categorías de acuerdo con los siguientes criterios¹⁰:

- 1) *Contención exitosa prolongada*: Se considera que un país presenta una contención exitosa prologada si el promedio móvil de los casos por millón de habitantes durante los últimos 7 días y la tasa de positividad de los exámenes PCR exhiben el siguiente comportamiento:
- a) Máximo Casos Etapa 1 > Máximo Casos Etapa 2 > Máximo Casos Etapa 3
& Máxima Positividad Etapa 3 < 3% o
 - b) Máximo Casos Etapa 1 > Máximo Casos Etapa 2 & Máxima Positividad Etapas 2 y 3 < 3%

Se utiliza el umbral de 3% para la positividad de los exámenes PCR pues en los países a los que el consenso científico apunta como los más exitosos en el manejo de la pandemia este indicador se ubica por debajo de ese valor (Bollag, 2020).

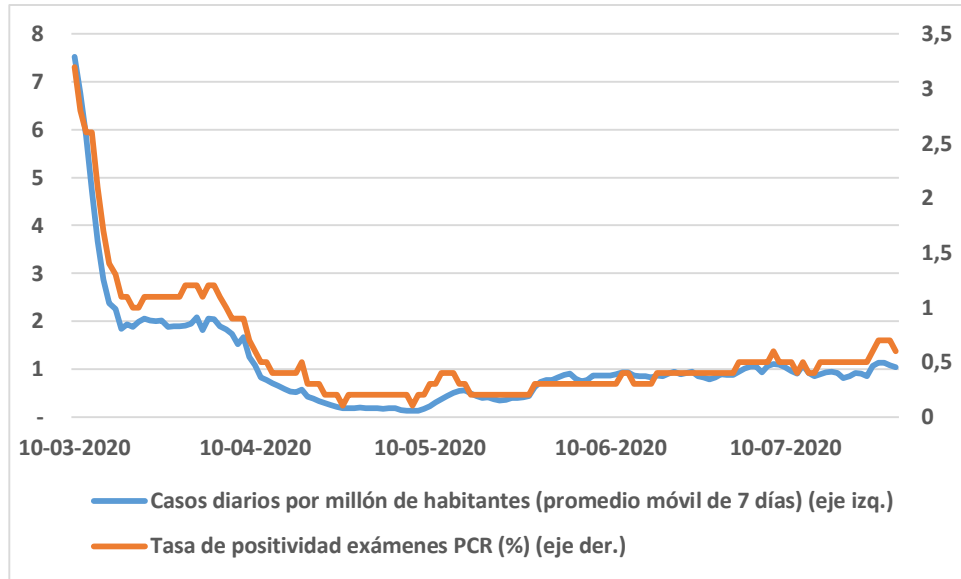
Noruega y Corea del Sur son ejemplos de países con contenciones iniciales satisfactorias. El primero cumple el requisito a), mientras que el segundo el b) (ver Figura 3).

Figura 3: Ejemplos de contenciones exitosas prolongadas
a) Noruega



¹⁰ En las pocas situaciones en las que un país cumplía los criterios para estar en dos categorías a la vez, se optó por seguir un enfoque conservador y dejarlo en la que refleja un menor control del Covid-19.

b) Corea del Sur



Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org

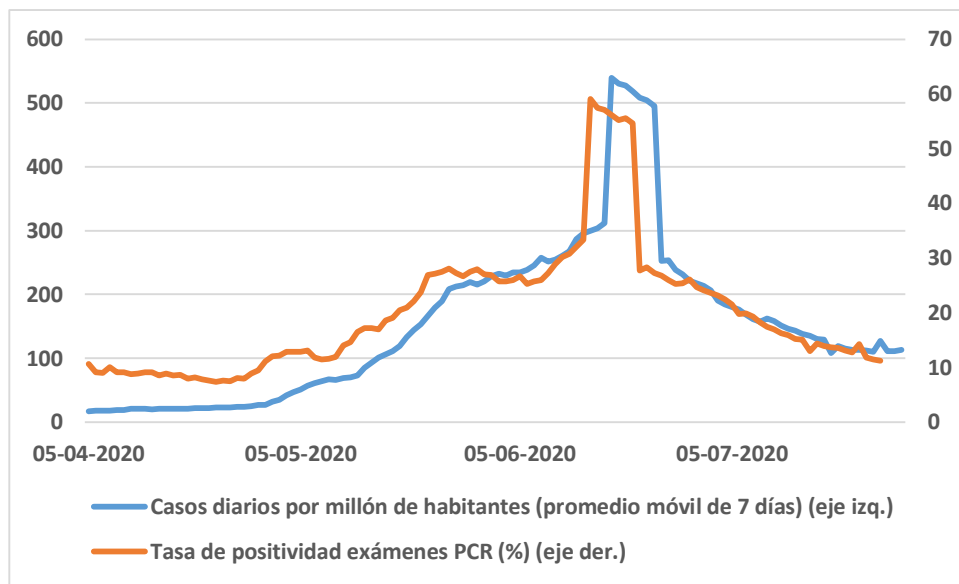
2) *Contención preliminarmente exitosa*: Se considera que un país presenta una contención preliminarmente exitosa si el promedio móvil de los casos por millón de habitantes durante los últimos 7 días y la tasa de positividad de los exámenes PCR satisfacen:

- a) $\text{Máximo Casos Etapa 1} < \text{Máximo Casos Etapa 2} \ \& \ \text{Máximo Casos Etapa 2} > \text{Máximo Casos Etapa 3}$
- o
- b) $\text{Máximo Casos Etapa 1} > \text{Máximo Casos Etapa 2} > \text{Máximo Casos Etapa 3}$
& $\text{Máxima Positividad Etapa 3} > 3\%$

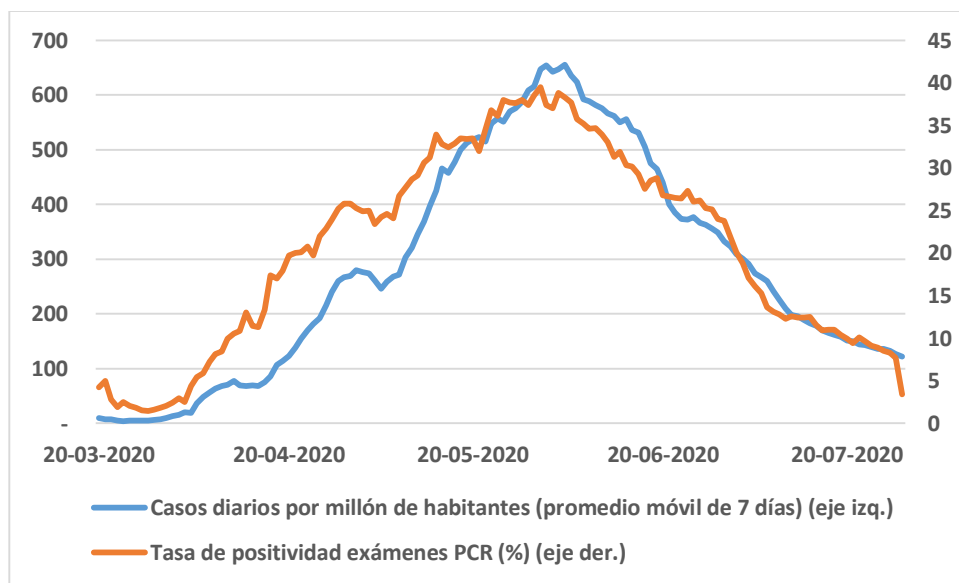
Chile y Qatar forman parte de este grupo (ver Figura 4).

Figura 4: Ejemplos de contenciones preliminarmente exitosas

(a) Chile



(b) Qatar



Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org

3) *Segundas olas*: Se considera que un país atraviesa una segunda ola si el promedio móvil de los casos por millón de habitantes durante los últimos 7 días y la tasa de positividad de los exámenes PCR cumplen:

- a) Máximo Casos Etapa 1 y Etapa 3 > Máximo Casos Etapa 2 &
Máxima Positividad Etapa 3 > 3%

En línea con lo presentado en la Figura 1, España e Israel estarían padeciendo una segunda ola.

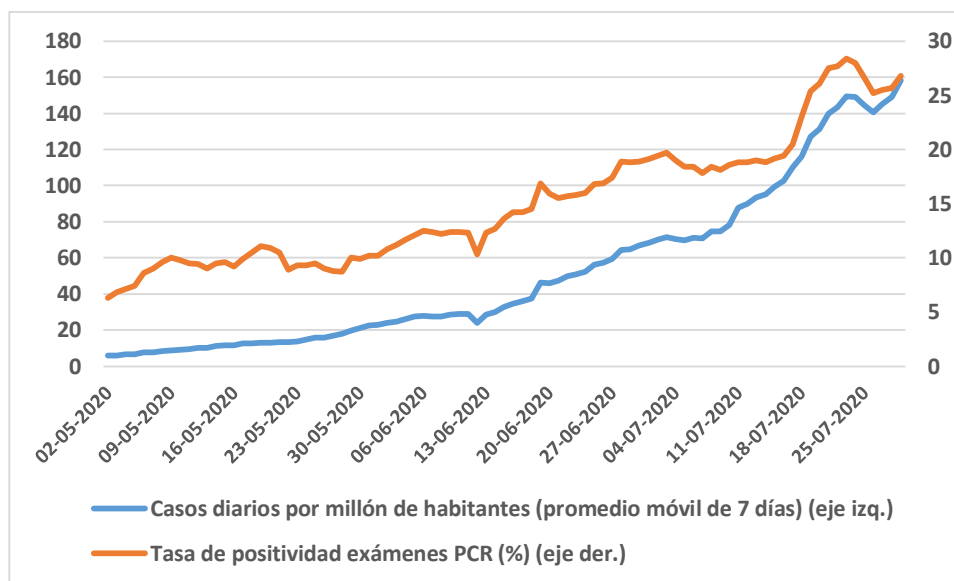
4) *Alrededor del peak*: Se considera que un país está alrededor del peak si el promedio móvil de los casos por millón de habitantes durante los últimos 7 días y la tasa de positividad de los exámenes PCR cumple:

- a) Máximo Casos Etapa 3 > Máximo Casos Etapa 2 > Máximo Casos Etapa 1 &
- b) Máxima Positividad Etapa 3 > 3%

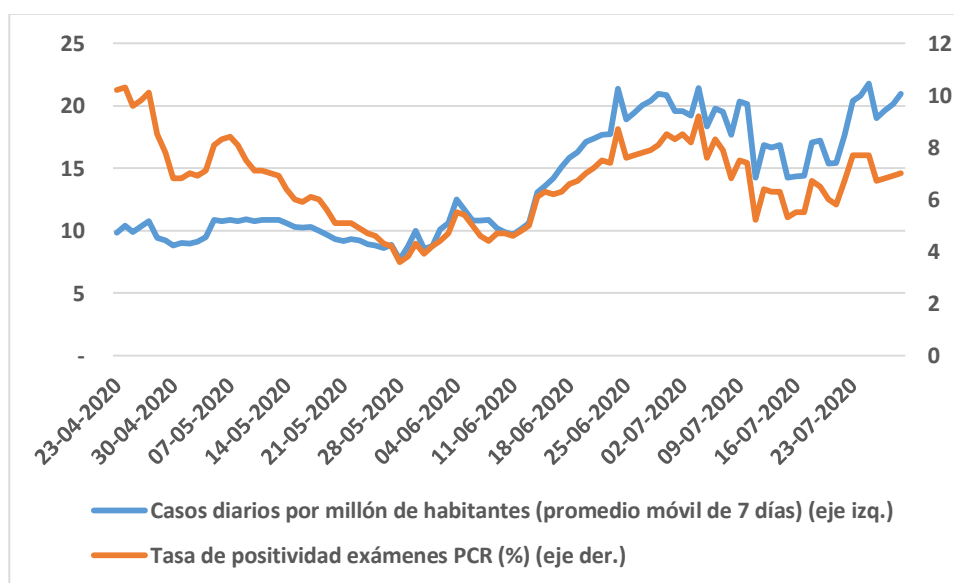
Colombia y Ucrania son algunos de los países que se encuentran en esta situación (ver Figura 5)

Figura 5: Ejemplos de países que están alrededor del peak

a) Colombia



b) Ucrania



Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org

La Tabla 2 muestra los países que componen cada uno de los cuatro grupos. La columna 1 indica que 19 de los 25 países que han logrado una contención exitosa prolongada son europeos —solo Australia, Canadá, Corea del Sur, Malasia, Nueva Zelanda y Uruguay no pertenecen a este continente¹¹—. Chile comparte con otras 6 naciones el estatus de contención preliminarmente exitosa (columna 2). Junto con España e Israel, otros 11 países están padeciendo una segunda ola: Bélgica, Bielorrusia, Croacia, Estados Unidos, Irán, Islandia, Kuwait, República Checa, Rumania, Serbia y Turquía (columna 3). Finalmente, la columna 4 muestra que un total de 7 países se encuentran alrededor del peak.

Tabla 2: Clasificación de países según el estado de avance del Covid-19

Contención Exitosa Prolongada (25)	Contención Preliminarmente Exitosa (7)	Segunda Ola (13)	Alrededor del peak (7)
Alemania	Arabia Saudí	Bélgica	Bulgaria
Australia	Bahréin	Bielorrusia	Colombia
Austria	Chile	Croacia	El Salvador
Canadá	Emiratos Árabes Unidos	España	Kazajstán
Corea del Sur	Polonia	Estados Unidos	Panamá
Dinamarca	Qatar	Irán	Sudáfrica
Eslovaquia	Singapur	Islandia	Ucrania
Eslovenia		Israel	
Estonia		Kuwait	
Finlandia		República Checa	
Grecia		Rumania	
Hungría		Serbia	
Irlanda		Turquía	
Italia			
Letonia			
Lituania			
Luxemburgo			
Malasia			
Noruega			
Nueva Zelanda			
Países Bajos			
Reino Unido			
Rusia			
Suiza			
Uruguay			

Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org

¹¹ Si bien la trayectoria de los casos nuevos en Australia exhibe el patrón de “U” característico de los países con segundas olas, la tasa de positividad de los exámenes PCR en Australia, al cierre de este estudio, nunca superó el 3%. En consecuencia, Australia ha tenido una contención exitosa prolongada de la pandemia (la intensidad del segundo brote no es lo suficientemente importante como para dejar a este país en la categoría de segunda ola).

En términos generales, la Tabla 2 es consistente con las evaluaciones del manejo de la pandemia que, de los países que aparecen en ella, han realizado los especialistas. Alemania y los Países Bajos —países que han logrado una contención exitosa prolongada—, por ejemplo, suelen ser destacados por su gestión, mientras que Serbia —país que está sufriendo una segunda ola— ha sido objeto de duros cuestionamientos (DW Noticias, 21 de julio de 2020¹²)—. En lo que sigue, *se pone énfasis en las naciones con contenciones exitosas prolongadas y segundas olas*, con el objetivo de determinar los factores que aumentan la probabilidad de que un país que presenta una contención preliminarmente exitosa —condición que puede ser interpretada como la intermedia entre dichos estados— termine sufriendo una segunda ola¹³.

Estrategia empírica y resultados

Se utiliza el siguiente modelo probit para estimar la probabilidad de que un país con una contención preliminarmente exitosa termine padeciendo una segunda ola luego de haber iniciado su máxima reapertura:

$$\begin{aligned}
 P(\text{Segunda Ola})_i = & \phi(\beta_0 + \beta_1 \text{CasosMaxReaper}_i + \beta_2 \text{ÍndiceEstrictezMaxReaper}_i + \\
 & \beta_3 \log(\text{Ingreso Per Cápita})_i + \beta_4 \text{Mascarilla}_i + \beta_5 \text{TestTotalesMaxReaper}_i + \\
 & \beta_6 \log(\text{CasosTotalesMaxReapertura})_i + \beta_7 \text{FallecimientosMaxReapertura}_i + \\
 & \beta_8 \text{ÍndiceMovilidadMáxReaper}_i + \varepsilon_i)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

donde ϕ es la función de distribución normal acumulada. La probabilidad de una segunda ola es igual a 1 si el país i está padeciendo una segunda ola, y a 0 si está exhibiendo una contención exitosa prolongada. *CasosMaxReaper* e *IndiceEstrictezMaxReaper* denotan los casos por millón de habitantes y el valor del Índice de Estrictez al momento de la máxima reapertura, respectivamente.

El modelo también incorpora el logaritmo del ingreso per cápita para controlar por posibles diferencias explicadas por el nivel de desarrollo del país. *Mascarilla* es una dummy que toma el valor 1 si el país i a lo menos ha recomendado el uso de estos protectores entre sus ciudadanos. *TestTotalesMaxReaper* hace

¹² <https://www.dw.com/en/coronavirus-latest-austria-tightens-regulations-after-rise-in-cases/a-54250269>

¹³ En términos generales, la trayectoria de la pandemia al interior de un determinado país debiera exhibir el siguiente comportamiento: 1) Alrededor del peak, 2) Contención Preliminarmente Exitosa y 3) Contención Exitosa Prolongada ó Segunda Ola. Si el país ingresa a una segunda ola, entonces el ciclo se reinicia.

referencia al total de tests realizados en el país i por cada mil habitantes al momento de la máxima reapertura, y se incluye para controlar por posibles diferencias producidas por la capacidad de testeo¹⁴.

También se incluye el logaritmo de los casos totales por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura. De materializarse la denominada “inmunidad de rebaño”, el coeficiente que acompaña a esta variable debiera ser negativo y estadísticamente significativo. *FallecimientosMaxReaper* representa los fallecimientos diarios por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura. Finalmente, *IndiceMaxReaper* corresponde al promedio de los índices de movilidad a pie y en automóvil calculados por Amazon al momento de la máxima reapertura.

Medición del grado de reapertura de la economía

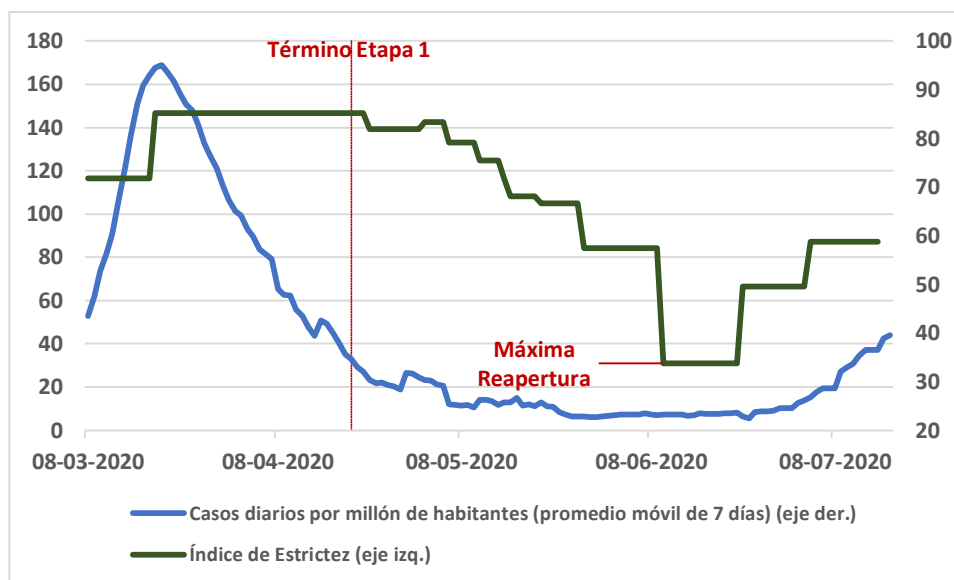
Si bien no hay una base de datos de panel que contenga la intensidad de las reaperturas y sus fechas de inicio —lo cual dificulta la medición del vínculo empírico entre estos eventos y la ocurrencia de segundas olas—, es posible obtener una aproximación del *máximo grado* de reapertura. Específicamente, se considera que un país alcanza su máxima reapertura en el instante posterior a la etapa 1 en que el Índice de Estrictez alcanza su menor valor.

La Figura 6 muestra la evolución de los casos diarios y del Índice de Estrictez para el caso español, señalando el momento en que esta economía comenzó a exhibir su mayor grado de reapertura.

Se observa que durante las semanas posteriores a tal relajamiento de las restricciones este país experimentó un alza sostenida en los casos, en línea con lo que sugiere la intuición —en el extremo, la plena reducción del Índice de Estrictez sería indicativa del regreso a una situación sin restricciones, lo que muy probablemente desencadenaría un agudo incremento de los casos—. Como se explicó anteriormente, la fecha en que se da la máxima reapertura es uno de los pilares de la estrategia empírica empleada para estimar la probabilidad de que un país con una contención preliminarmente exitosa padezca una segunda ola en el futuro.

¹⁴ La base de datos MS-GCDL utiliza la referencia “por millón de habitantes” para normalizar los casos y fallecimientos, y la de “por mil habitantes” para normalizar los tests.

Figura 6: Casos diarios e Índice de Estrictez en España



Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org y bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/coronavirus-government-response-tracker#data

La Tabla 3 muestra los tests de diferencia de medias para las variables independientes, al separar a los países con segunda ola de aquellos con contenciones satisfactorias prolongadas. Se observa que la diferencia entre estos grupos en los casos al momento de la máxima reapertura es económica y estadísticamente significativa: mientras que en ese instante los países con contenciones exitosas duraderas solo tenían 3,69 casos por millón en promedio, los que están enfrentando una segunda ola tenían 41,77. Este hallazgo se condice con la evidencia reportada por Cerda, González y Larraín (2020)¹⁵. También se encuentran diferencias significativas en los fallecimientos nuevos y casos totales al inicio de la máxima reapertura. En las restantes variables no se detectan contrastes relevantes.

¹⁵ Disponible en: <https://clapesuc.cl/investigaciones/doc-trabajo-n78-covid-19-cuando-es-seguro-reabrir-la-economia/>

Tabla 3: Test de diferencias de medias variables explicativas modelo probit

Variable	Segunda Ola=0	Segunda Ola=1	Dif
Casos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura	3,69	41,77	-38,08***
Índice de Estrictez al momento de la máxima reapertura	39,2	40,91	-1,71
Ingreso per cápita (log)	10,54	10,3	0,23
Mascarilla	0,84	0,84	0
Test totales por cada mil habitantes al momento de la máxima reapertura	107,43	94,56	12,86
Casos totales por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura (log)	7,05	8,07	-1,01***
Fallecimientos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura	0,15	0,43	-0,28***
Índice de Movilidad al momento de la máxima reapertura	117,71	140,72	-23

Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org y bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/coronavirus-government-response-tracker#data. Nota: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

La Tabla 4 muestra los resultados (efectos marginales) de la estimación del modelo probit. En la columna (1) solo se incluyen los casos y el índice de estrictez al momento de la máxima reapertura, junto al logaritmo del ingreso per cápita, como variables independientes. Esta versión reducida del modelo entrega que la probabilidad de una segunda ola aumenta en 1,44 puntos porcentuales por cada incremento unitario en la primera de estas variables. Por su parte, cada aumento unitario en el índice de estrictez reduciría la probabilidad en cuestión en 0,7 puntos porcentuales. Si bien el coeficiente negativo que acompaña al logaritmo del ingreso per cápita en la columna (1) es estadísticamente significativo solo al 10%, este pasa a serlo al 1% cuando se incorporan otras variables, como la proxy del uso de mascarillas, los test totales por cada mil habitantes y el logaritmo de los casos totales por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura (columna (2)). Así, la evidencia indica que los países con un mayor nivel de desarrollo tienen una probabilidad menor de padecer una segunda ola.

En cuanto a las variables agregadas en la columna (2), la proxy del uso de mascarillas tiene coeficiente negativo, pero estadísticamente significativo solo al 10%. Si bien en principio esto podría ser contraintuitivo, cabe hacer notar que tanto los países con segundas olas como aquellos con contenciones exitosas duraderas exhibían un uso de mascarilla similar al momento de la máxima reapertura —la Tabla 3 muestra que el

promedio de la dummy *Mascarilla* en ambos grupos al momento de la máxima reapertura era igual a 0,84. No resulta extraña, entonces, la ausencia de efectos significativos para esta variable.

Por otra parte, los testeos y los casos totales al momento de la máxima reapertura tienen un efecto negativo y positivo, respectivamente, en la probabilidad de una segunda ola. Lo primero, significa que aumentar la cantidad de test como lo ha estado haciendo Chile en las últimas semanas, reduce la probabilidad de una segunda ola, mientras que lo segundo, indicaría que la denominada “inmunidad de rebaño” no permitiría evitar este fenómeno. De hecho, el coeficiente positivo indica que los países con primeras olas grandes tienen una probabilidad mayor de sufrir una segunda. El efecto que se reporta en la columna (2) para los casos al momento de la máxima reapertura es 0,56 puntos porcentuales inferior al que se presenta en la columna (1), pero sigue siendo estadísticamente significativo al 1%. Respecto al impacto de la estrictez al momento de la máxima apertura, el coeficiente que se muestra en la columna (2) es 0.16 puntos porcentuales más negativo que el de la columna (1).

Finalmente, en la columna (3) se agregan los fallecimientos y la movilidad al momento de la máxima reapertura. Ninguna de estas variables tiene efectos significativos sobre la probabilidad de una segunda ola¹⁶. En consecuencia, no se encuentra evidencia que permita respaldar de forma concluyente eventuales reaperturas en caídas de los fallecimientos.

En síntesis, la Tabla 4 indica que, aunque importantes, las mascarillas no son suficientes para evitar una segunda ola. Variables como los casos nuevos por millón de habitantes y el testeo deben ser cautelosamente evaluados a la hora de preparar una posible reapertura, especialmente en un país de ingreso medio como Chile.

¹⁶ Para evitar errores interpretativos debido a la colinealidad entre los índices de estrictez y movilidad, se realizó también una estimación análoga a la de la columna (3) excluyendo a la estrictez al momento de la máxima reapertura. Este ejercicio tampoco arrojó un efecto significativo para el Índice de Movilidad al momento de la máxima reapertura.

Tabla 4: Resultados modelo probit para la probabilidad de segunda ola**(efectos marginales)**

	(1)	(2)	(3)
Casos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura	0.0144*** (0.00454)	0.00875*** (0.00307)	0.00984*** (0.00330)
Índice de Estrictez al momento de la máxima reapertura	-0.00706** (0.00349)	-0.00868** (0.00435)	-0.00862 (0.00540)
Ingreso per cápita (log)	-0.171* (0.0998)	-0.323*** (0.106)	-0.359*** (0.119)
Mascarilla		-0.252* (0.146)	-0.258 (0.160)
Test totales por cada mil habitantes al momento de la máxima reapertura		-0.00332** (0.00160)	-0.00370** (0.00180)
Casos totales por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura (log)		0.297*** (0.0880)	0.332*** (0.0876)
Fallecimientos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura			-0.0856 (0.199)
Índice de Movilidad al momento de la máxima reapertura			-0.000189 (0.000593)
Observaciones	38	38	35

Nota: Errores estándar en paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

4. Probabilidad de una segunda ola en Chile

Los coeficientes reportados en la Tabla 4 indican que nuestro país —el cual, como se indicó previamente, ha logrado una contención preliminarmente exitosa— aún debe reducir más los casos para empezar a levantar de forma segura las restricciones más severas. De implementarse una reapertura de estas características con el actual nivel de casos —aproximadamente 100 por millón de habitantes— el riesgo de una segunda ola sería elevado, pues dicho valor se ubica en la parte alta del intervalo de casos que, según los hallazgos de este estudio, deben estar los países para evitar una segunda ola —entre 69,4 (100%/0,0144) y 114,28 (100%/0,00875) casos por millón de habitantes—.

Para tener mayor claridad en torno a este punto, la Tabla 5 muestra, en base a los coeficientes reportados en la columna (1) de la Tabla 4, la probabilidad de segunda ola en Chile para distintos escenarios de los casos por millón de habitantes y el índice de estrictez, al momento de la máxima reapertura. Se observa que *si en ese instante Chile alcanza un índice de estrictez en torno a 40¹⁷ —como los países considerados en el modelo—, y los casos por millón de habitantes exceden los 40, la probabilidad de una segunda ola sería superior a 95%*. De hecho, para todos los valores del índice de estrictez considerados, esta es igual a 100% si los casos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura son iguales o mayores a 70. Esto confirma que nuestro país aún está lejos de poder iniciar una reapertura significativa de forma segura. Para ello, los casos diarios por millón de habitantes debieran bajar significativamente de 40. Conseguida esta reducción de contagios, la probabilidad de una segunda ola dependerá de la estrictez de las medidas que se mantenga.

Tabla 5: Probabilidad de una segunda ola en Chile para distintos escenarios de los casos nuevos y el índice de estrictez al momento de la máxima reapertura

		Índice de Estrictez		
		50	40	30
Casos nuevos por millón de habitantes	100	100%	100%	100%
	70	100%	100%	100%
	40	92%	95%	98%
	10	29%	40%	53%
	0	11%	18%	28%

Nota: Las probabilidades se calculan en base a los coeficientes reportados en la columna (1) de la Tabla 4. Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org

En perspectiva, los resultados de esta investigación ratifican lo observado de forma empírica, en el sentido de que las reaperturas más seguras se han producido en Europa, con un promedio diario de 20 casos por millón de habitantes, contrastando con la experiencia de algunos Estados de EE.UU., en los cuales se comenzaron a levantar restricciones mucho antes, con un promedio de 40 casos por millón de habitantes, pero agregan, la importancia de los testeos, las medidas de estrictez utilizadas y el nivel de ingreso per cápita, para la probabilidad de sufrir una segunda ola.

¹⁷ Al 27 de julio de 2020, Chile tenía un índice de estrictez de 86,57.

5. Determinantes de la intensidad de una eventual segunda ola

Habiendo descrito las variables que determinan la probabilidad de una segunda ola, a continuación, se exploran los factores que influyen en la intensidad de estas. Específicamente, se estima un modelo tobit cuya variable dependiente es el total de casos por millón de habitantes durante la etapa 3 si el país i está sufriendo una segunda ola, y 0 si está gozando de una contención exitosa prolongada¹⁸. Las variables explicativas son las mismas del modelo probit.

La Tabla 6 muestra los resultados de este ejercicio. Los casos al momento de la máxima reapertura vuelven a ser económica y estadísticamente significativos, independiente de si se emplea una versión parcial o completa del modelo. Un incremento unitario de esta variable produce un aumento de entre 36 a 48 en los casos totales por millón de habitantes durante la etapa 3. Es decir, mientras mayor sea el número de contagios diarios por millón de habitantes al momento de la reapertura, más intensa podría ser una eventual segunda ola.

Por el contrario, ahora la estrictez y los test totales al momento de la máxima reapertura, así como la proxy de uso de mascarillas, no tienen efectos significativos en ninguna de las especificaciones consideradas.

La columna (3) muestra que el logaritmo del ingreso per cápita al momento de la reapertura afecta negativamente y el de los casos totales afecta positivamente la intensidad de las segundas olas. Así, los efectos asociados a estas variables mantienen los signos reportados en la Tabla 4. En este caso, la interpretación es, por un lado, que los países de mayores ingresos han tenido segundas olas menos intensas y, por otro, que la denominada inmunidad de rebaño no sería garantía de una segunda ola menos intensa.

Finalmente, al igual que en el análisis de la probabilidad de una segunda ola, no se detectan impactos significativos de los fallecimientos y la movilidad al momento de la máxima reapertura, en este caso como determinantes de la intensidad de la segunda ola.

Los hallazgos de la Tabla 6 ratifican la importancia de que los países inicien sus reaperturas sólo después de haber alcanzado un bajo nivel de casos activos. De otro modo, no solo la probabilidad de que se materialice una segunda ola es elevada, sino que también es probable que la intensidad de esta sea mayor.

¿Qué tan intensa podría ser dicha segunda ola en Chile? La columna (1) de la Tabla 6 indica que un incremento unitario en los casos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura se traduce en un aumento de 46,7 en los casos totales por millón de habitantes durante la segunda ola. Con esto en mente, es posible estimar un rango para la magnitud de una eventual segunda ola en nuestro país. La

¹⁸ Los modelos tobit se emplean cuando el rango de la variable dependiente está restringido (“censurado”). En este caso, la variable dependiente está restringida por abajo por el valor 0.

Tabla 7 muestra el resultado de este ejercicio. Si Chile iniciara un levantamiento significativo de las restricciones a la movilidad bajo las condiciones actuales, es decir, con cerca de 100 casos por millón de habitantes, los casos totales por millón de la segunda ola serían iguales a 4.670. Considerando la población de Chile en 2019, esto equivale a 89.197 casos ($4.670 \times 19,1$), cifra que representa el 23,6% del total de casos acumulados del país al 11 de agosto de 2020 (fecha en la que la primera ola habría “terminado”). Como es lógico, esta proporción disminuye al 2,36% si la máxima reapertura se inicia con 10 casos por millón de habitantes.

Tabla 6: Resultados modelo tobit para la intensidad de segunda ola
(efectos marginales)

	(1)	(2)	(3)
Casos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura	46.66*** (7.278)	35.85*** (7.112)	47.98*** (14.33)
Índice de Estrictez al momento de la máxima reapertura	11.82 (30.74)	17.81 (35.51)	12.02 (48.32)
Ingreso per cápita (log)	-1,259* (703.9)	-1,850* (961.9)	-2,409** (1,133)
Mascarilla		-93.04 (915.9)	-2,080 (1,535)
Test totales por cada mil habitantes al momento de la máxima reapertura		-9.547 (8.967)	-24.30 (16.00)
Casos totales por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura (log)		1,264** (557.3)	2,114** (892.8)
Fallecimientos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura			837.9 (1,526)
Índice de Movilidad al momento de la máxima reapertura			2.697 (4.340)
Observaciones	38	38	35

Nota: Errores estándar en paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Tabla 7: Pronósticos para la intensidad de una eventual segunda ola en Chile

Casos nuevos por millón de habitantes al momento de la máxima reapertura	Casos totales por millón de habitantes durante la segunda ola	Casos totales durante la posible segunda ola para Chile	Casos totales durante la posible segunda ola/Casos confirmados acumulados al 11 de agosto de 2020 en Chile
100	4.670	89.197	23,6%
70	3.269	62.438	16,57%
40	1.868	35.679	9,47%
10	467	8.919	2,36%

Fuente: Elaboración propia con datos de ourworldindata.org y cifras oficiales del Ministerio de Salud.

Referencias

- Bollag, S. (3 de agosto, 2020). California's COVID-19 positive test rate declines. Did closing bars and malls work? Recuperado de <https://www.sacbee.com/news/politics-government/capitol-alert/article244694732.html>
- Cerda, R., González, H., y Larrain, F. (2020). Covid-19: ¿Cuándo es seguro reabrir la economía?. Documento de Trabajo N°78, Clapes UC.
- Gallagher, J. (24 de junio, 2020). Coronavirus: What is a second wave and is one coming? Recuperado de <https://www.bbc.com/news/health-53113785>
- DW Noticias, 21 de julio, 2020. "Coronavirus latest: Austria tightens regulations after rise in cases", ver <https://www.dw.com/en/coronavirus-latest-austria-tightens-regulations-after-rise-in-cases/a-54250269>
- Mitnick, J. (22 de julio, 2020). Israel's Cautionary Coronavirus Tale. Recuperado de <https://foreignpolicy.com/2020/07/22/israel-coronavirus-second-wave-netanyahu/>
- Tidman, Z. (24 de julio, 2020). Coronavirus: Second wave may have hit Spain, expert suggests. Recuperado de <https://www.independent.co.uk/news/world/europe/coronavirus-spain-second-wave-new-cases-infections-update-a9636341.html>

Anexo 1: Posibles causas de rebrotes

País	Posibles causas del rebrote	Fuente
Israel	Apertura de pubs, salones de eventos y escuelas. Aumento de celebraciones y reuniones sociales.	https://www.nbcnews.com/news/world/israel-battles-new-wave-coronavirus-infections-after-reopening-n1233139
Melbourne- Victoria, Australia	Incumplimiento de normas en los centros de cuarentena establecidos para los viajeros procedentes del extranjero. Problemas en la seguridad privada de "hoteles de cuarentena". No se respetó distanciamiento social entre trabajadores. Algunos ejemplos: compartir cigarros, vehículos, etc. En Melbourne casos secundarios derivados de un contagio masivo al oeste de la ciudad no fueron detectados, no controlando los canales de contagio. Sin uso obligatorio de mascarilla	https://www.bbc.com/news/world-australia-53259356 https://www.bbc.com/news/world-51235105
Japón	Una parte de los nuevos contagiados se relacionada directamente con el comercio nocturno, bares y entretenimiento nocturno.	https://www.dw.com/en/coronavirus-uptick-in-japan-infections-triggers-second-wave-fears/a-53994635 https://www.japantimes.co.jp/news/2020/06/28/national/tokyo-coronavirus-second-wave/
Hong Kong	Sin uso obligatorio de mascarilla en transporte público. Reuniones sociales y excepciones de confinamiento. Apertura de bares, lugares de entretenimiento y gimnasios. Falta de rastreo y monitoreo en contagiados.	https://www.japantimes.co.jp/news/2020/07/14/asia-pacific/hong-kong-coronavirus-rules-fine-mask/

Cataluña y Aragón, España	Efecto vacaciones de verano/ temporada alta del turismo. Incumplimiento restricción de movimiento. Aglomeraciones en espacios públicos y rebrotes en lugares de ocio nocturno. Por otro lado, el uso de mascarilla no es obligatorio en ciertas ocasiones (ejercicio, baño playa/piscina, tampoco en lugares de hostelería al momento de consumir, etc) siempre y cuando se respete una distancia de dos metros con otras personas.	https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2020/07/20/5f153ffefc6c83ae358b4683.html https://www.24horas.cl/coronavirus/espana-endurece-las-medidas-anti-covid-por-temor-a-una-nueva-ola-de-contagios-4332651
EE. UU Principalmente Florida, Texas, California y Arizona	Desconfinamiento acelerado y sin testeo agresivo. Sin uso obligatorio de mascarilla en espacios públicos. Contagios en personas jóvenes, a pesar de ser portadores del virus no respetan el aislamiento ni la distancia social. Jóvenes que son asintomáticos y que no necesitan cuidados médicos, no estarían cumpliendo medidas básicas para evitar contagiar a otros. En Texas, uno de los primeros estados en impulsar la reapertura, las restricciones no se levantaron de manera gradual (no lo suficiente).	https://edition.cnn.com/2020/06/22/health/us-coronavirus-monday/index.html



 clapesuc

 @clapesuc

 clapes_uc

●● clapesuc