

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE “SEGUNDA OLA” POR REBROTE DE COVID-19 EN BOLIVIA

Roberto Carlos Sevillano Cordero*

Alejandra Terán Orsini†

(Noviembre, 2020)

Resumen

La presente investigación se ha desarrollado en el contexto de la Pandemia del COVID-19 que se inició en el año 2019 y cuyos principales efectos globales se sintieron durante el año 2020. En un intento por determinar la probabilidad de ocurrencia de una segunda ola por rebrote de COVID-19 y el tiempo en el cual este proceso iniciaría, se ensaya la aplicación de metodologías de análisis econométrico. A partir de un modelo *ad hoc* con variable dependiente dicotómica Probit se calcula la probabilidad de ocurrencia de la segunda ola a partir de variables de comportamiento tanto del gobierno como de la población. Asimismo, se analiza el componente tendencial de las curvas epidemiológicas de países que ya exhiben segunda ola, para determinar a partir de los puntos de inflexión las distancias temporales o el tiempo que tomaría a Bolivia experimentar la segunda ola de COVID-19.

Palabras Clave: COVID-19, segunda ola, PROBIT, Hodrick y Prescott, Google mobility report, Oxford University.

*Economista I Sector Monetario y Cambiario en la Subdirección de Política Macroeconómica de UDAPE. Email: csevillano@udape.gob.bo

† Asistente técnico macroeconómico en la Subdirección de Política Macroeconómica de UDAPE. Email: ateran@udape.gob.bo

1. Introducción

La pandemia del COVID-19 en el mundo aún no ha culminado. En particular, muchos países de la región latinoamericana se preparan para una posible segunda ola, hecho que se experimentó ya en la mayor parte de países de Europa y de Asia.

Las medidas que han tomado distintos gobiernos han sido de carácter restrictivo y han afectado de manera importante a las economías. En este entendido, varios países del mundo, una vez culminada su primera curva, han flexibilizado sus restricciones frente al COVID-19. La pregunta reside en si las flexibilizaciones tienen relación con la ocurrencia de una segunda ola. También se debe mencionar que algunos países han tenido más éxito que otros en cuanto a la contención de la pandemia y el evitar una segunda ola. Algunos actualmente enfrentan una segunda ola y otros han logrado contenciones exitosas.

Es importante que Bolivia tome las lecciones aprendidas del resto del mundo para no repetir los errores que otros países han experimentado. Como bien se sabe, los efectos negativos de la pandemia sobre la salud, sistemas de salud y las economías han sido notables, por lo que tomar las decisiones acertadas sobre la pandemia en Bolivia es de vital importancia.

Bolivia a partir de la etapa de post confinamiento que se dio desde septiembre ha flexibilizado las restricciones en un momento en el que la curva estaba en descenso. En este margen, entendiendo que aún no se tiene una vacuna para el COVID-19 existe una probabilidad que frente a estas flexibilizaciones una segunda ola pueda surgir, es así que es importante analizar los determinantes de esta posibilidad.

El presente estudio realiza un modelo probabilístico en base al estudio de Acuña *et al.* (2020) con el objetivo de obtener la probabilidad de ocurrencia de una segunda ola en Bolivia en base a una muestra de distintos países del mundo y sus características en el momento de máxima reapertura. También se realiza una actualización de los resultados obtenidos en el estudio mencionado porque los países que ellos presentan como los que lograron tener una contención exitosa, a la fecha son países que están experimentando una segunda ola o incluso concluyéndola. Se aplican los resultados para la situación actual de Bolivia.

Es también importante conocer una fecha estimada de cuándo podría generarse una segunda ola en Bolivia. Por esto el presente estudio analiza las estadísticas de los países que sufrieron de una segunda ola y se encuentran los puntos de inflexión (picos y valles) entre las curvas haciendo uso del filtro Hodrick y Prescott. En este marco se estudian las distancias temporales entre los picos y los puntos de inflexión y también, las distancias temporales entre pico y pico para estimar una posible fecha de segunda ola en Bolivia.

2. Situación en Bolivia

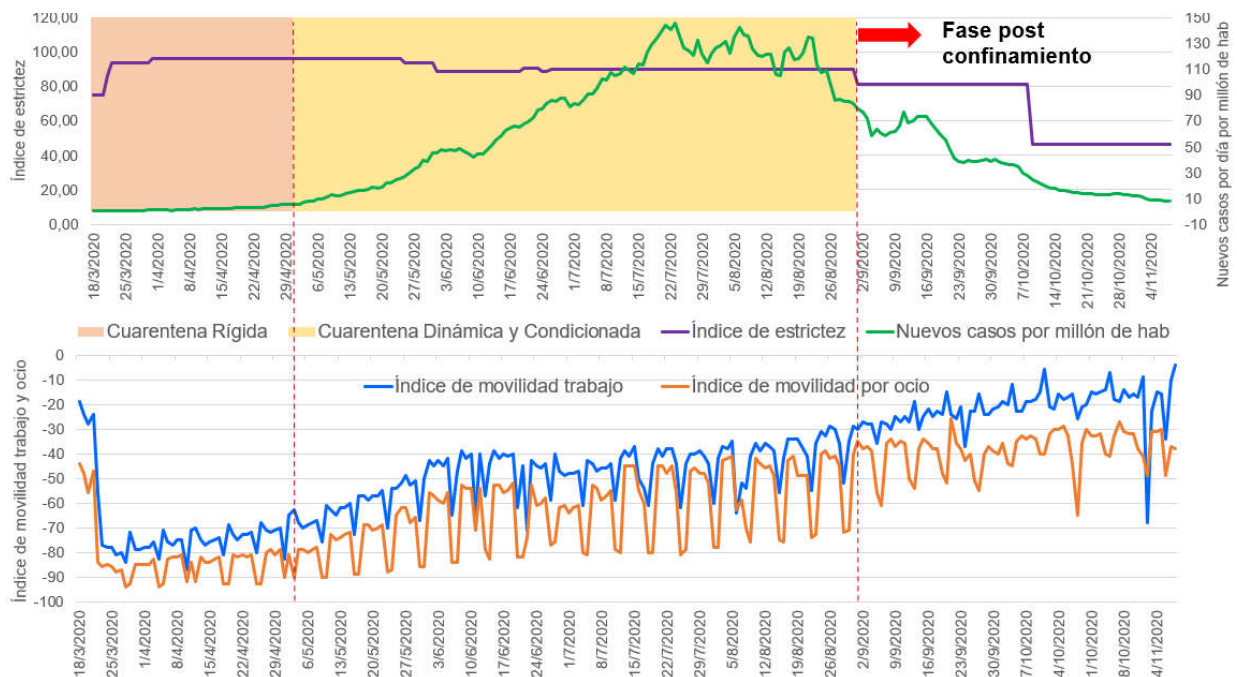
Bolivia confirmó sus primeros casos de COVID-19 el 10/03/2020, con sus primeros casos confirmados en Oruro y Santa Cruz. Seguidamente, Bolivia declara situación de emergencia sanitaria nacional y cuarentena en todo el territorio del Estado

Plurinacional de Bolivia. La cuarentena rígida en todo el territorio boliviano es declarada y se amplió dicha cuarentena hasta el 30/04/2020.

En el gráfico 1 mostrado a continuación, se aprecia que en todo el momento en el que existió cuarentena rígida la curva de casos tuvo un lento ascenso. Esto se ha visto traducido en el índice de estrictez (elaborado por la universidad de Oxford) en el que muestra que evidentemente las medidas de gobierno en esos momentos fueron rígidas, casi llegando a un valor de 100 (el más alto). Este indicador muestra que se tomaron medidas como cierre de escuelas, cierres de lugares de trabajo, cancelación de eventos públicos, restricciones a reuniones, restricciones al transporte y controles de frontera.

La efectividad de estas medidas en Bolivia estuvo evidenciada también en los índices de movilidad de Google que reportan la tendencia del movimiento de la población con celulares Android según el tipo de actividad que se realice. El índice básicamente muestra la variación porcentual de la movilidad respecto a la línea base que son condiciones de normalidad. En el periodo de cuarentena rígida que se ve en el lado izquierdo del gráfico y en simultaneidad con el gráfico inferior, se muestra que la movilidad en ese periodo fue realmente baja llegando tanto en los índices de movilidad por ocio a valores de aproximadamente -90 y en el caso del índice de movilidad del trabajo a un -80. En este periodo se permitieron que algunas actividades esenciales no paren, como el ser farmacias, supermercados y todo el sistema de salud, es por este motivo que el índice de movilidad por trabajo en el país fue mayor durante este periodo.

Gráfico 1. Curva de casos nuevos por millón de habitantes, índice de estrictez e índices de movilidad de Google en Bolivia



Fuente: Our World in Data y Google mobility reports. Nota: Los nuevos casos son un promedio móvil de 7 días.

En los periodos posteriores y a partir de una evaluación hecha por las autoridades en el país, se amplía la emergencia sanitaria nacional y se establece la llamada Cuarentena Condicionada y Dinámica, considerando el riesgo de cada municipio y departamento. Esta medida se tomó desde el 01/05/2020 hasta el 31/05/2020, ampliándose la misma hasta el 31/08/2020. En esta ventana temporal, las medidas del gobierno (traducidas en el índice de estrictez) se vieron reducidas, sin embargo, aún no en grandes medidas al ser que el índice de estrictez en esa temporada fue aproximadamente de un valor de 80. Estas flexibilizaciones tuvieron un efecto en un incremento de la movilidad en la población visto tanto por actividades de recreación y ocio y también actividades laborales. Lo cierto es que, la curva de Bolivia llegaba a su pico y la movilidad de las personas en Bolivia comenzó a aumentar significativamente. Los casos nuevos por millón de habitantes en Bolivia comenzaron su descenso a partir del mes de julio, momento en el que se habían ya empezado a flexibilizar medidas y fueron aún más flexibilizadas posteriormente.

Dada la necesidad de un proceso de transición de la Cuarentena Condicionada y Dinámica y la existencia de riesgo de contagio por el COVID - 19, se establece una fase de post confinamiento del 1/09/2020 al 30/09/2020, ampliándose la misma hasta el 30/11/2020. En esta última fase se ve un relajamiento de medidas más notorio por las recientes flexibilizaciones de transporte, horarios de salida de las personas, el re abrimiento de restaurantes, cafés, comercios, entre otros. Dichas flexibilizaciones fueron tomadas por la población y se vio un aumento aún mayor en sus índices de movilidad que se dio en toda la fase de descenso de la curva de casos nuevos por millón de habitantes del país. En esta temporada se ha notado un incremento más notorio en el caso de la movilidad por trabajo.

Es importante hacer un análisis sobre cómo está evolucionando la pandemia en Bolivia y a grandes rasgos se puede observar que la curva epidemiológica en el país ha pasado su primera curva y ahora se encuentra en una etapa que denominaremos: "valle". En todo el proceso de esta curva, se ha pasado de tener medidas rígidas de cuarentena hasta las recientes flexibilizaciones en la última etapa de post confinamiento, estas medidas se vieron claramente reflejadas en los índices de movilidad de las personas que fueron en aumento con el tiempo, en especial los últimos meses.

Al haber experimentado procesos de segunda ola una gran cantidad de países en el mundo es importante tratar de entender que factores pondrían a Bolivia en una situación de riesgo frente a esta posibilidad. Es así que por el hecho de que Bolivia está llegando a su punto bajo de la curva, es necesario analizar la probabilidad y posible fecha de una segunda ola en caso de haberla. Dichas cuestiones se tratan de resolver en el presente estudio a partir de un modelo probabilístico (siguiendo la línea de Acuña *et al.* (2020)) y se analiza mediante una metodología estadística los puntos de inflexión de las curvas epidemiológicas de otros países para encontrar una posible fecha de segunda ola en Bolivia, tal como se mencionó previamente.

3. Metodología

3.1. Modelo Probit

La ocurrencia (o no) de una segunda ola de COVID-19 en un determinado país es un evento binario que puede ser analizado con modelos de elección binaria donde un país puede provocar o no las condiciones que resulten en un rebrote de forma similar a la decisión que los individuos enfrentan con una elección entre dos alternativas y que la elección depende de características identificables. En la situación de ocurrencia de una segunda ola de COVID-19 en un determinado país, la variable endógena Y_i puede tomar dos valores: 1 ocurrencia de la segunda ola de COVID-19 o 0 contención exitosa tras la primera ola; y se pretende explicar la ocurrencia luego de haber iniciado su máxima reapertura, como función de covariantes o variables que determinarían esta ocurrencia variable que caracterizan y que se denota por x_i , un vector de dimensión k .

Los modelos de elección binaria describen en esencia la probabilidad que el evento ocurra (o sea elegido) ($Y_i=1$) derivados de un modelo variable latente (Verbeek, 2008), que de forma general se puede expresar como:

$$P\{Y_i = 1|x_i\} = G(x_i, \beta)$$

Donde $G(\cdot)$ es alguna función que toma un valor entre $[0,1]$, específicamente las funciones de la forma $G(x_i, \beta) = F(x_i' \beta) = F(z)$ que en el caso del modelo PROBIT la función asociada corresponde a la Distribución Normal Estándar acumulada:

$$F(z) = \Phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$$

Donde z es la variable normal estándar, es decir $z \sim N(0,1)$.

De manera más general, lo que se pretende es encontrar una relación entre un conjunto de condiciones que describen una muestra de países que ya exhiben segunda ola o que han logrado contener de forma exitosa la ocurrencia de esta. Se utiliza el modelo PROBIT para estimar **la probabilidad de que un país i termine padeciendo una segunda ola** luego de haber iniciado su máxima reapertura:

$$\Phi^{-1}(z) = x_i' \beta + \varepsilon_i$$

Donde: Φ^{-1} es la función inversa de la distribución acumulativa normal para la ocurrencia de una segunda ola en el conjunto de países observados.

3.2. Covariantes del modelo

Como señalan Acuña et al. (2020), al no contar con un modelo teórico que identifique los determinantes de una segunda ola, se testean distintos rasgos y condiciones que exhiben los países que están padeciendo este rebrote o que han sido exitosos en contenerlo. De esta manera, en esta investigación se plantea un modelo *ad hoc* donde se han elegido un conjunto de variables que se sospecha puedan ser determinantes o covariantes en la ocurrencia de la segunda ola. Este conjunto de variables se puede dividir en 3 grupos: a) Variables de comportamiento

(del gobierno y de la población), b) Variables de características socioeconómicas y demográficas y c) Variables epidemiológicas de intensidad.

Entre las **variables de comportamiento** tenemos:

- i) **Índice de Estrictez**, calculado por la Universidad de Oxford (Hale et al, 2020), que agrega un conjunto de 9 características de la respuesta de contención ante la pandemia del gobierno de un determinado país. Estas características agregan la respuesta de contención como cierre de escuelas, cierre de lugares de trabajo, cancelación de eventos públicos, restricciones a reuniones, restricciones de cuarentena, transporte público y controles de fronteras, entre otras. Específicamente, se considera que un país alcanza su máxima reapertura en el instante posterior a la etapa posterior a la primera ola en que el Índice de Estrictez alcanza su menor valor.
- ii) **Índice de movilidad de Google**, muestran las tendencias de movilidad por región, categoría y lugar. Estos informes se crean a partir de conjuntos de datos agregados y anonimizados procedentes de usuarios que han activado el historial de ubicaciones. Los datos muestran cómo cambia la cantidad de visitantes en los lugares categorizados (o el tiempo que pasan en ellos) en comparación con nuestros días de referencia. Un día de referencia representa un valor normal en ese día de la semana. El día de referencia es el valor medio del periodo de 5 semanas comprendido entre el 3 de enero y el 6 de febrero del 2020. Las categorías de movilidad se dividen por “**recreación y ocio**”, “parques”, “**laboral**”, “farmacias y centros de abastecimiento”, “paradas de transporte público”, y “permanencia en el hogar”. La información se reporta como variación porcentual respecto a los valores normales, observados previos a la pandemia.

Las **variables socioeconómicas y demográficas** medidas en el año 2019:

- i) **Logaritmo del PIB per cápita**, como aproximación del ingreso per cápita de los países estudiados.
- ii) **Pobreza moderada**, tasa porcentual de la población de los países que están por debajo de la línea de pobreza moderada.
- iii) **Densidad poblacional**, expresada en habitantes por km².

Finalmente, **variable epidemiológica**:

- i) **Casos nuevos por millón de habitantes**, que permite la comparabilidad intensidad de la COVID-19 entre los distintos países. (Curva epidemiológica).

3.3. Criterio de selección de países con segunda ola

Los criterios para la selección de la muestra del estudio se basan en los planteados por Acuña *et al.* (2020).

Existe un consenso en la literatura y criterios epidemiológicos de que para que exista una segunda ola un país debe haber reducido sustancialmente los casos desde el pico de su primera curva. Por otro lado, para que se dé una segunda ola se debería experimentar un incremento relevante de casos durante una ventana temporal posterior al punto más bajo de la primera ola.

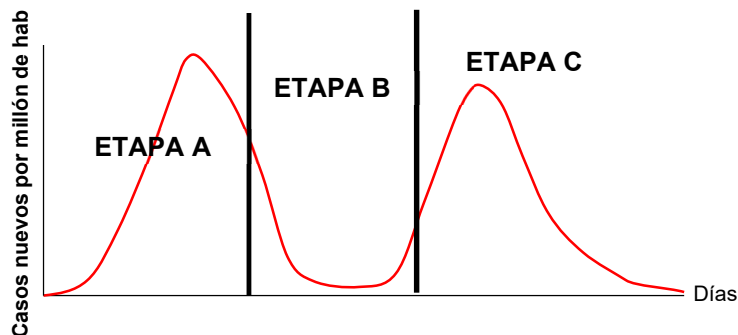
A pesar de tener esta concepción, aun no existe una definición formal de lo que es una “segunda ola” (Acuña *et al.*, 2020). En su documento, los autores plantean una metodología para identificar los países que han presentado una segunda ola haciendo algunas modificaciones para el presente estudio.

En primer lugar, se divide la pandemia de cada país en 3 etapas de igual duración, etapas que se llaman desde ahora: Etapa A, Etapa B y Etapa C. Para dicha metodología y a modo de tener una comparación a nivel internacional se usa la curva de casos nuevos por día por millón de habitantes en cada país desde que comienza el primer caso. Los países se agrupan con el siguiente detalle:

PAÍSES CON SEGUNDA OLA:

Un país puede ser considerado un país que experimenta una segunda ola si el promedio móvil de millón de habitantes durante los últimos 7 días tiene las siguientes características:

- **Máximo de casos en la etapa A y C > Máximo de casos en la etapa B**

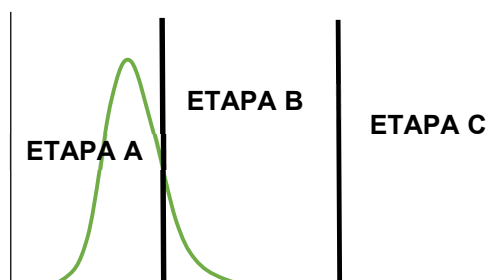


PAÍSES CON CONTENCIÓN EXITOSA:

Se consideran a los países con contención exitosa a los que cumplen las siguientes características:

- **Máx Casos A > Máx Casos B > Máx Casos C**

Este tipo de países tienen su primer pico en lo que se denomina la Etapa A y posteriormente la contención se prolonga hasta llegar a la Etapa C. Lo mencionado se aprecia en la ilustración a continuación:



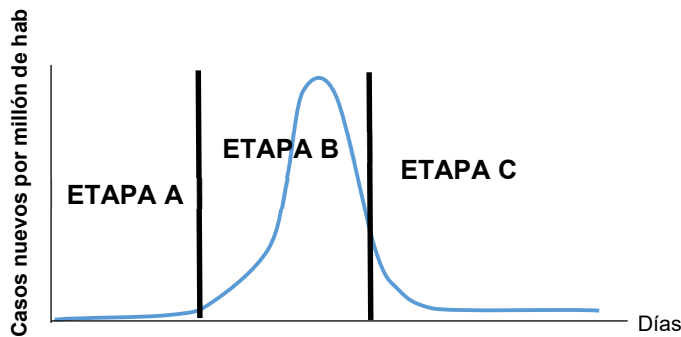
Casos nuevos por millón de hab

Días

También existen los países que han llevado procesos más lentos, siendo que el pico se da en lo que denominamos la Etapa B. Se considera que los países que tienen este tipo de características también pueden ser considerados países con contención exitosa si analizando el caso cumplen con una contención prolongada en parte de la Etapa B y C y, además, cumple con las siguientes características.

Proceso lento

- **Máximo de casos en la Etapa A < Máximo de casos en la Etapa B & Máximo de casos en la Etapa B > Máximo de casos en la Etapa C**



La Tabla 1 mostrada a continuación determina una muestra de 40 países y su clasificación por grupos.

Tabla 1. Clasificación de países según el estado de avance del Covid-19

| Países con segunda ola | Países con contención exitosa |
|---|--|
| Chile, Egipto, China, Arabia Saudita, Qatar, Nueva Zelanda, Tailandia | Noruega, Alemania, Corea del Sur, Austria, Canadá, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Polonia, Singapur, España, Luxemburgo, Malasia, Australia, Bulgaria, Holanda, Reino Unido, Rusia, Suiza, Uruguay, Bahrein, Armenia, Israel, Rumania, Azerbaiyán. |

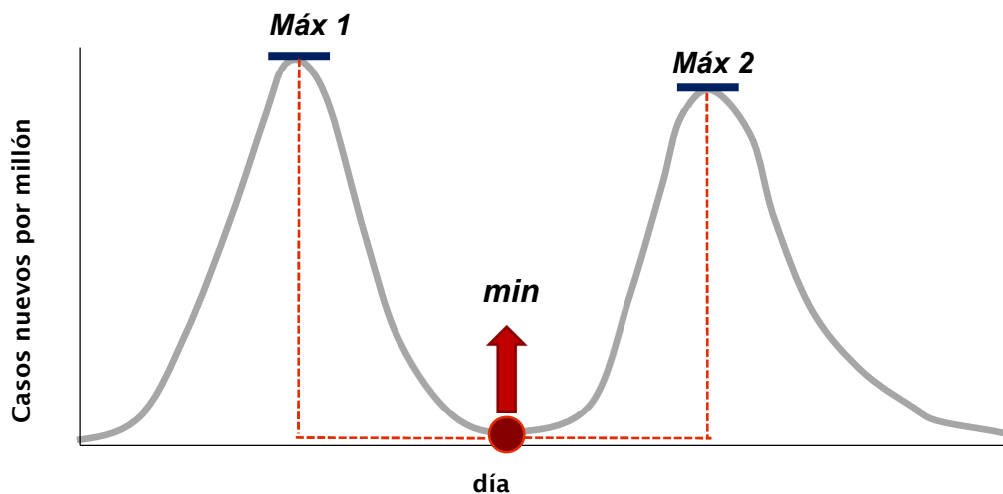
Fuente: Elaboración propia

3.4. Identificación de puntos de inflexión y duración en curvas epidemiológicas.

Si bien la principal orientación de la investigación es a determinar la probabilidad de ocurrencia de una segunda ola de COVID-19, que se obtiene a partir de información de corte transversal en un determinado punto del tiempo (de máxima apertura), la limitación de este análisis subyace en determinar el tiempo en que un país cuya probabilidad sea alta, comience el proceso de segunda ola. Es por este motivo que a partir de la información disponible sobre las curvas epidemiológicas de los países clasificados en “segunda ola” se introduce una metodología *ad hoc* para poder establecer el tiempo promedio que un determinado país iniciaría este proceso.

En la figura 1 podemos observar esquemáticamente que en una curva epidemiológica se pueden identificar puntos de inflexión en los “picos” (puntos máximos) de cada ola y el punto de “valle” (punto mínimo). Si podemos determinar las distancias temporales entre estos puntos de inflexión y además encontramos alguna **regularidad estadística** en esta medición entre los países estudiados, entonces se pueden determinar el tiempo ocurrencia de la segunda ola en un país que ya ha pasado el primer pico de su curva de casos.

Figura 1. Esquema de medición de distancias temporales entre picos de la curva epidemiológica



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las curvas de casos observadas están contaminadas de muchas irregularidades que pueden ser asociadas a los tiempos de toma y procesamiento de muestras, la trazabilidad de casos y sus contactos, la disponibilidad de insumos para los aparatos termocicladores de las pruebas RT-PCR, entre otros factores. Para poder “suavizar” el comportamiento de las curvas de casos observadas, en este estudio recurrimos a la técnica econométrica de extracción de señales de componentes tendenciales-cíclicas que es el Filtro de Hodrick y Prescott (1981). La aplicación de este filtro no responde a un análisis de ciclos *per sé*, sino a una forma de identificar con mayor precisión los puntos de inflexión (o giro) que servirán como

hitos en la medición de distancias temporales. Una futura mejora del estudio presentado puede ser formalizado empleando el algoritmo Bry-Boschan (1971) que se emplea en el estudio de ciclos económicos, a fin de determinar con mayor precisión las fechas de los puntos de inflexión. La calibración del coeficiente de “suavizamiento” λ corresponde a datos de frecuencia diaria-

Las distancias temporales que se busca de determinar estadísticamente como promedio de los países observados incluyendo la desviación estándar, son:

- Distancia entre el pico 1 (Max 1) y el valle (min).
- Distancia media entre el pico 1 (Max 1) y el pico 2 (Max 2).
- Distancia entre ambos picos.

4. Resultados

4.1. Resultados econométricos

Los resultados econométricos de la estimación del modelo Probit se muestran a continuación:

Tabla 2. Resultados del modelo Probit para la probabilidad de una segunda ola

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|------------|---------|------------|-----------|------------|
| Índice de Estrictez | -0.1104 ** | -0.3000 | -0.126 *** | -0.2323 | -0.0380 * |
| Var. movilidad por recreación y ocio (promedio móvil a 14 días) | 0.0590 | 0.0638 | 0.072 ** | 0.0686 | 0.0455 * |
| Var. movilidad a la fuente laboral (promedio móvil a 14 días) | -0.2282 ** | -0.2979 | -0.232 *** | -0.2431 * | -0.1028 ** |
| Densidad poblacional (habitantes por Km ²) | 0.0049 | -0.0057 | 0.005 | -0.0019 | |
| Logaritmo del PIB per cápita | 0.3095 | | -0.284 | | |
| Pobreza moderada (%) | | -0.0330 | | -0.0111 | |
| Casos nuevos por millón de habitantes (Promedio móvil centrado a 7 días) | -0.0097 | -0.0130 | | | |
| Constante | 1.9221 | 15.9373 | 5.193 | 11.7978 | 1.5571 * |

Fuente: Elaboración propia

Nota: Significancia estadística al 1% (***), 5% (**) y 10% (*).

En una primera instancia se determina que no hay factores socioeconómicos como el ingreso per cápita y pobreza que determinen una probabilidad de ocurrencia de segunda ola en los países analizados. Esto es bien respaldado con lo que se ha visto en cuanto a experiencia de otros países, al ser que tanto países de ingresos altos como bajos han sido sujetos de una probabilidad de segunda ola. Por otro lado, tampoco resulta significativa la variable de densidad poblacional ni la variable epidemiológica de casos nuevos por millón de habitantes, lo que denota que la probabilidad de una segunda ola en realidad está ligado al comportamiento de la población y las medidas de contención de los gobiernos.

En este entendido el modelo (5) presentado en la Tabla 2 es el más adecuado para lo que se quiere explicar en este estudio. El índice de estrictez y los dos índices de movilidad son significativos para explicar la probabilidad de ocurrencia de una

segunda ola. En los resultados mostrados no se puede hacer una interpretación directa en cuanto a los efectos sobre la probabilidad dado que no se están mostrando los efectos marginales, sino el resultado directo de coeficientes del Probit. Sin embargo, los signos son importantes en este caso para denotar a qué lado va la probabilidad.

Es así que se observa que, en caso de existir mayor rigidez en las medidas, la probabilidad de ocurrencia disminuiría por el hecho de que los gobiernos en el momento de máxima apertura que disminuyeron de manera importante sus restricciones posteriormente tuvieron un cambio de pendiente en la curva. En el caso de la movilidad por ocio el signo denota una relación positiva, que a mayor movilidad aumentaría la probabilidad de ocurrencia de una segunda ola precisamente porque las actividades de ocio generalmente son en las que las personas se quitan el barbijo y bajan sus medidas de bioseguridad.

Por último, en el caso de la movilidad laboral se observa un signo negativo que se podría explicar por el hecho de que tanto empleados y empleadores están tomando medidas de bioseguridad, por ende, ir a trabajar puede no ser una fuente de contagio tan intensa como la de por ocio. Las economías se están reactivando y para eso los gobiernos en general, están exigiendo medidas de protección para los trabajadores. Esta es la hipótesis respecto al signo que se mantiene en este estudio.

Es importante notar que el valor de la constante que supera al de los coeficientes refleja la desproporción de países que han tenido una segunda ola frente a los que efectivamente han tenido una contención, generando que la probabilidad de ocurrencia sea inminente.

Tabla 3. Resultados del modelo Probit para la probabilidad de una segunda ola con ventanas móviles

| | 14 días (6) | 28 días (7) | 42 días (8) | 56 días (9) |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Índice de Estrictez | -0.0380 * | -0.0388 * | -0.044 * | -0.0448 * |
| Var. movilidad por recreación y ocio | 0.0455 * | 0.0575 ** | 0.064 ** | 0.0663 ** |
| Var. movilidad a la fuente laboral | -0.1028 ** | -0.1244 *** | -0.135 *** | -0.1375 *** |
| Constante | 1.5571 * | 1.3482 | 1.544 | 1.5795 |

Fuente: Elaboración propia

Nota: Significancia estadística al 1% (***), 5% (**) y 10% (*).

Adicionalmente, se ha podido evidenciar en base al análisis de datos de distintos países que existe un rezago de respuesta en la curva de casos de países con segunda ola respecto a sus índices de movilidad. Es en este sentido que realizamos estimaciones con los promedios móviles hasta cubrir los 2 meses. El modelo (9) es el que presenta un mejor ajuste con respecto a su Pseudo R^2 : 0,43 y mantiene los signos explicados anteriormente. Este es el modelo que se utiliza para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia en Bolivia.

4.2. Probabilidad de ocurrencia en Bolivia y sus deptos.

Empleando los resultados del modelo (9) presentado anteriormente, se calibra el modelo de probabilidades de ocurrencia de segunda ola ante distintos escenarios de movilidad por motivos de recreación ocio de la población y distintos niveles de rigidez en la contención del gobierno. La tabla 4, muestra claramente que a mayor movilidad (valores cercanos a 0) mucho mayor la probabilidad de ocurrencia de una segunda ola, de la misma manera a menor rigidez en las medidas de contención del gobierno mayor probabilidad de ocurrencia. Sin embargo, ante una movilidad elevada y una contención muy rígida, la probabilidad es considerablemente elevada (75%), mientras que, a menor movilidad y rigidez nula, la probabilidad es muy baja (7%). Este resultado muestra que la variable que tiene mayor incidencia en la probabilidad es la movilidad de la población por fines de recreación y ocio. El comportamiento de la población es determinante al margen de las medidas del gobierno.

Tabla 4. Bolivia: Escenarios de probabilidad de ocurrencia de segunda ola de COVID-19

| Probabilidad de ocurrencia de una Segunda Ola (en %) | | Índice de Estrictez (Contención del Gobierno) | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Movilidad para recreación y ocio (variación % respecto a la línea base) | 0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.8 | 99.3 | 97.8 | 94.2 | 86.9 | 75.0 |
| | -10 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.9 | 99.7 | 98.8 | 96.4 | 91.2 | 81.8 | 67.7 | 50.4 |
| | -20 | 100.0 | 100.0 | 99.8 | 99.4 | 97.9 | 94.4 | 87.3 | 75.6 | 59.6 | 41.9 | 25.7 |
| | -30 | 99.9 | 99.7 | 98.8 | 96.6 | 91.5 | 82.3 | 68.3 | 51.2 | 33.8 | 19.3 | 9.4 |
| | -40 | 99.4 | 98.0 | 94.6 | 87.7 | 76.1 | 60.4 | 42.6 | 26.3 | 14.0 | 6.3 | 2.4 |
| | -50 | 96.7 | 91.8 | 82.7 | 69.0 | 51.9 | 34.4 | 19.8 | 9.7 | 4.1 | 1.4 | 0.4 |
| | -60 | 88.1 | 76.7 | 61.1 | 43.4 | 26.9 | 14.4 | 6.5 | 2.5 | 0.8 | 0.2 | 0.0 |
| | -70 | 69.7 | 52.7 | 35.1 | 20.3 | 10.1 | 4.2 | 1.5 | 0.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| | -80 | 44.1 | 27.5 | 14.8 | 6.8 | 2.6 | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | -90 | 20.9 | 10.4 | 4.4 | 1.6 | 0.5 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| -100 | 7.0 | 2.7 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

Fuente: Elaboración propia

Si desagregamos la información de movilidad de Google a los departamentos, asumiendo que el índice de rigidez es idéntico al nacional en los departamentos, observamos que la probabilidad de ocurrencia para Bolivia es de 70.2%, donde Santa Cruz es el departamento con mayor probabilidad con 89.8%. Los departamentos de Cochabamba y La Paz, si bien tienen menores probabilidades estas aun se pueden considerar elevadas.

Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia de segunda ola a nivel nacional y departamental

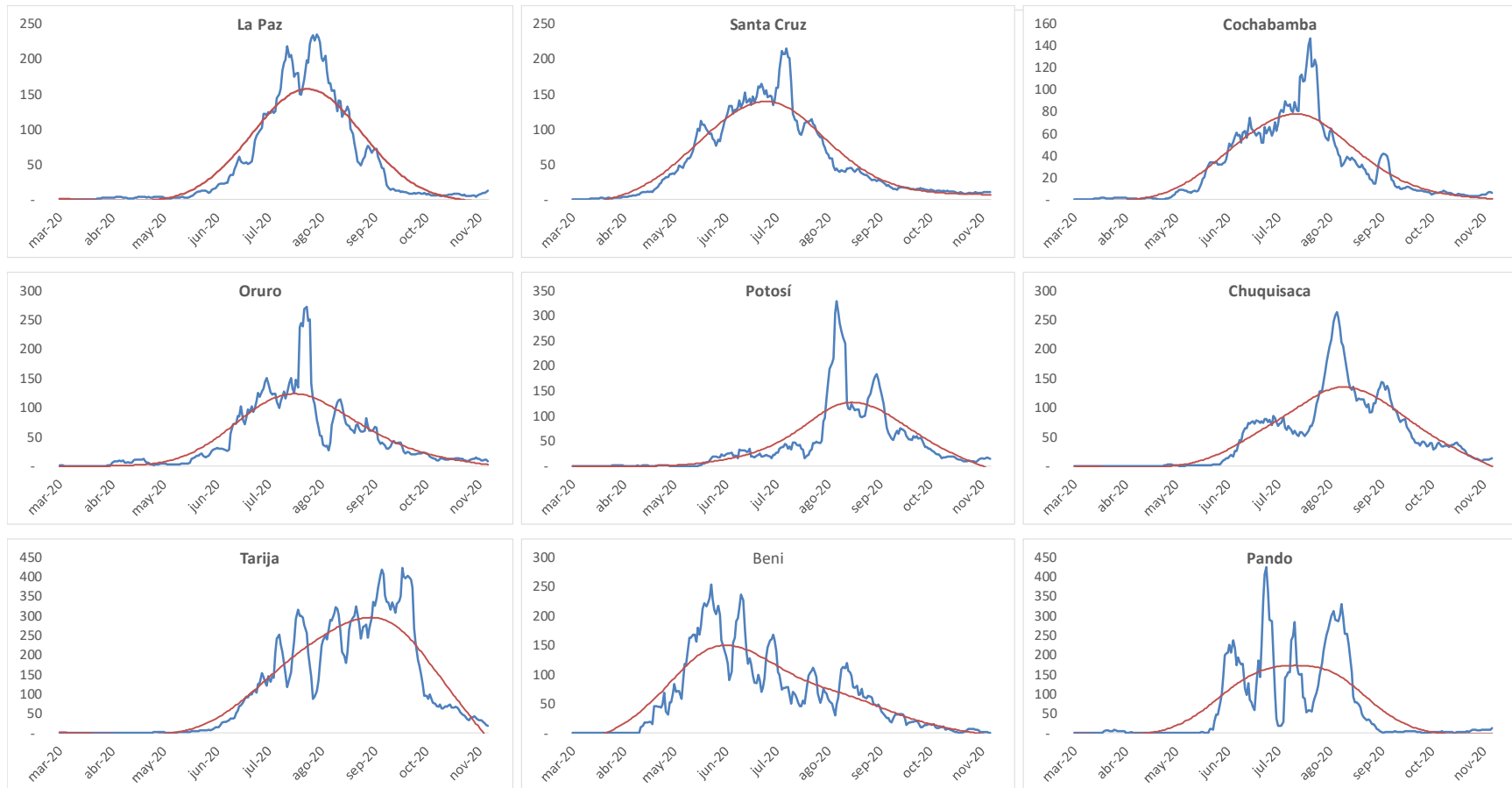
| Región | Probabilidad de ocurrencia de segunda ola (%) |
|----------------|---|
| Bolivia | 70.2 |
| Santa Cruz | 89.8 |
| Tarija | 81.1 |
| Beni | 81.2 |

| | |
|------------|------|
| Cochabamba | 63.9 |
| Chuquisaca | 60.5 |
| La Paz | 58.2 |
| Oruro | 57.1 |
| Potosí | 50.3 |
| Pando | 33.4 |

Fuente: Elaboración propia

Una comparación de estos resultados con las curvas de casos nuevos por millón de habitantes de los departamentos, muestran indicios de consistencia en los resultados de probabilidad donde Santa Cruz, La Paz y Cochabamba ya habrían alcanzado el punto de inflexión de valle, condición necesaria (más no suficiente) para dar inicio a la segunda ola (Ver gráfico 2).

Gráfico 2. Casos nuevos por millón de habitantes por departamento



Fuente: Elaboración propia en base a información del Ministerio de Salud, al 16 de noviembre de 2020.

4.3. Fechas de ocurrencia de la segunda ola en Bolivia.

Aplicando el filtro Hodrick y Prescott, calibrado el valor λ en $10e5$ al tratarse de datos en frecuencia diaria, las curvas de casos nuevos por millón de habitantes de los países que están experimentando una segunda ola o ya la culminaron, se puede extraer la señal de tendencia para su análisis posterior de puntos de inflexión. A manera de ilustración podemos ver estas curvas suavizadas para algunos países de Europa (Gráfico 3).

La determinación de los puntos de inflexión y la medición de las distancias temporales muestran un **regularidad estadística** o resultado que se repite en términos estadísticos, mismos que presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 6. Resultados del análisis de puntos de inflexión en países con segunda ola

| Amplitud de onda | Promedio (en días) | Desviación Estándar (en días) |
|---|--------------------|-------------------------------|
| Número de días entre el primer pico y punto de valle. | 97 | 26 |
| Distancia media entre los dos picos | 101 | 12 |
| Distancia entre los dos picos | 202 | 22 |

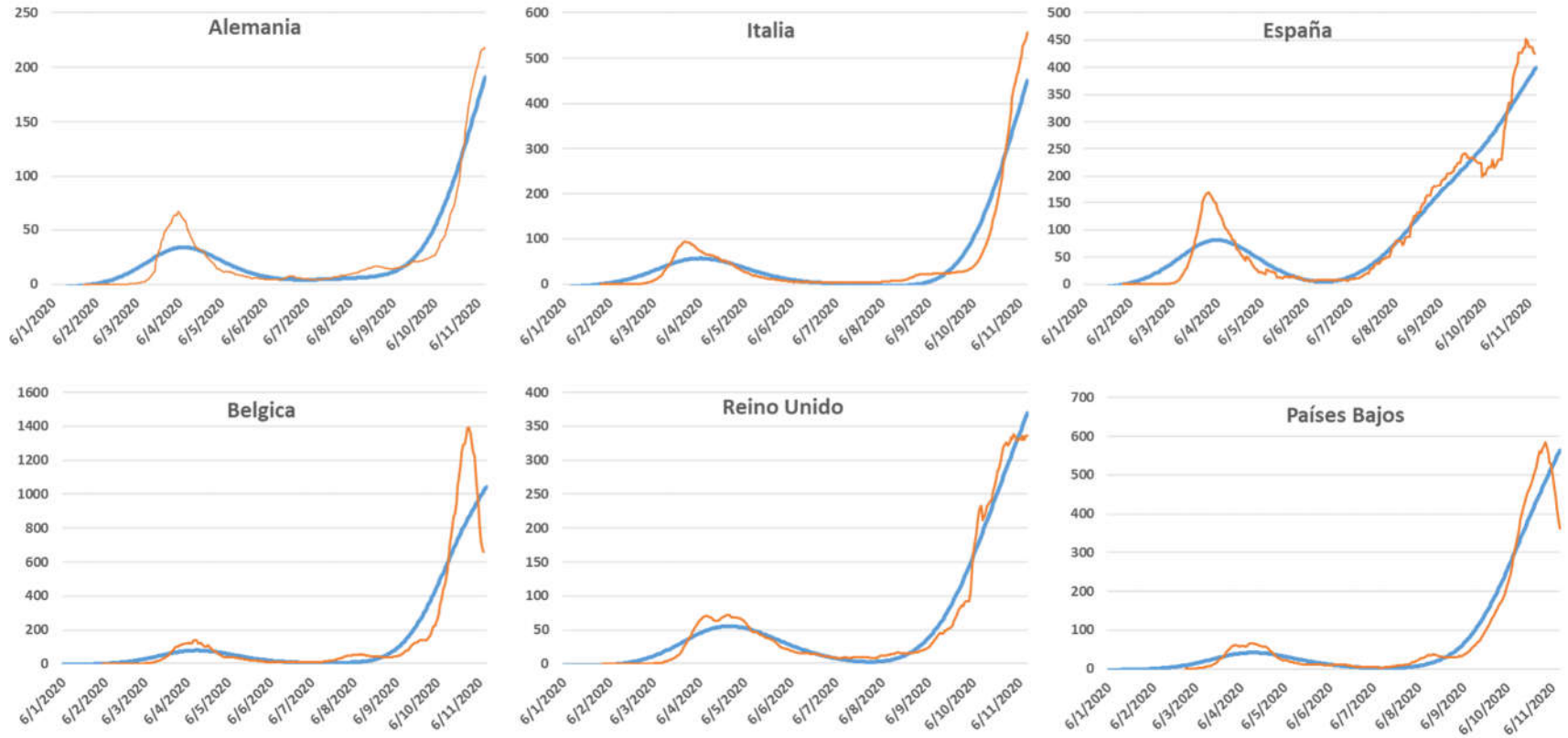
Fuente: Elaboración propia

Siendo uno de los principales objetivos, el determinar cuánto tiempo le toma un país dar inicio a la segunda ola tras haber concluido la primera, se calculan dos distancias temporales: **i) Número de días entre el primer pico y el punto de valle** que muestra un promedio de 97 días con una desviación estándar de 26 días; y **ii) Distancia media entre los dos picos**, que resulta en 101 días y una desviación estándar de 12 días. De estos primeros resultados podemos concluir que a un país le toma entre 97 y 101 días alcanzar el punto más bajo de su curva de casos, y probablemente dar inicio en ese momento a su segunda ola, es decir la curva “gira” y empieza a crecer nuevamente. Por lo que se observa en las curvas de casos de Japón y Corea del Sur (grafico 4) este comportamiento puede ser cíclico y no se descarta la ocurrencia de una tercera ola de COVID-19.

Aplicando estos resultados al caso de Bolivia que alcanzó el pico en su curva de casos nuevos por millón de habitantes el **31 de julio de 2020**, se esperaría que el comienzo de la segunda ola este entre el **28 de octubre de 2020 y el 21 de noviembre de 2020**, siendo el punto de inflexión el **9 de noviembre de 2020**.

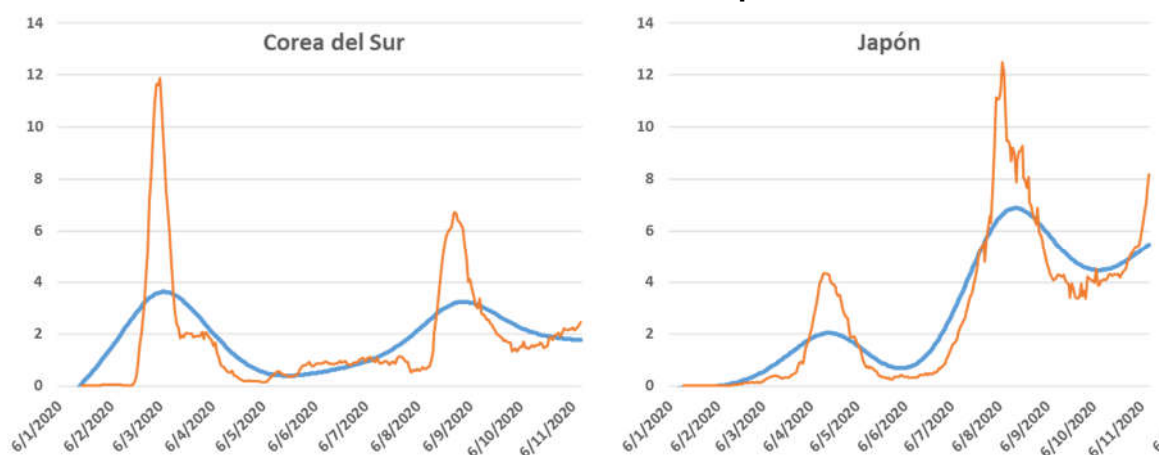
El tercer resultado de medición, distancia entre los dos picos, aun debe ser tomado con cautela a la luz de hechos, ya que tan solo 3 países en el mundo habrían concluido su segunda ola y muchos países aún están en fase de ascenso. Sin embargo, se estima que en promedio se tarda 202 días en llegar al segundo pico respecto al pico del primero, con una desviación estándar de 22 días. Aplicando a Bolivia se estima que se alcanzaría el pico máximo entre el **25 de enero de 2021 y el 14 de marzo de 2021** alrededor del **18 de febrero de 2021**.

Gráfico 3. Curvas de casos nuevos por millón de habitantes aplicando el filtro HP



Fuente: Elaboración propia en base a información de *Our World in Data* al 11 de noviembre de 2020

Gráfico 4. Curva de casos COVID-19 en países asiáticos



Fuente: Elaboración propia en base a información de Our World in Data al 11 de noviembre de 2020.

5. Consideraciones sobre experiencias de otros países

A modo de ilustrar la metodología empleada y además las experiencias de otros países, en esta sección hacemos referencia a varios indicadores y factores de países con contención exitosa y con segunda ola.

5.1. Curva de casos

Un país que es considerado como uno con segunda ola es Australia, al cumplir con el criterio empleado en la metodología³. Es un claro ejemplo en el que se aprecia que el máximo de casos en la etapa A y C es mayor al máximo de casos en la etapa B, lo que se puede apreciar en la gráfica 5.

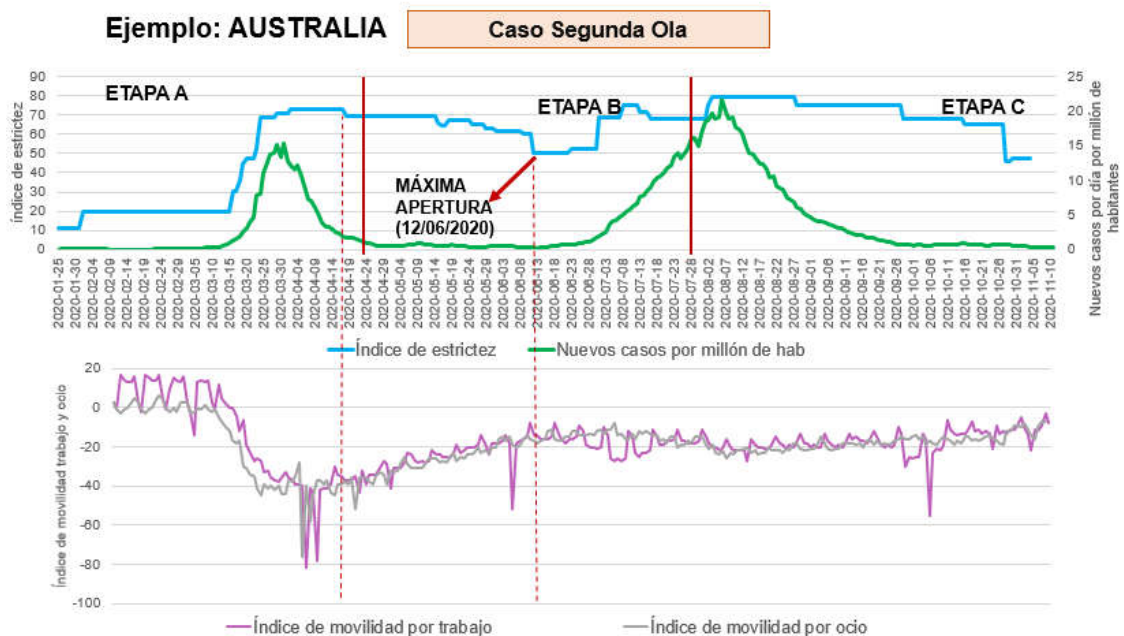
También se puede apreciar el momento de máxima apertura ilustrado en secciones previas. Como se mencionó, el momento de máxima apertura económica se da el momento en que el índice de estrictez llega a su punto mínimo una vez culminada la Etapa A. En el gráfico 5 se puede observar la fecha en la que se da ese momento. Desde la experiencia australiana a partir de la culminación de la primera ola se empezaron a dar flexibilizaciones que como muestra el gráfico se plasmaron en un índice de estrictez en bajada y un aumento sostenido de la movilidad tanto de ocio como por trabajo. No es casualidad que desde el momento de máxima reapertura que se apreció en el país australiano se dio un cambio de pendiente en la curva un par de semanas después. También es importante notar que desde el momento en el que se dio el primer aumento significativo de la movilidad en el país (marcado

³ Si bien la intensidad de la ola australiana medida por el eje derecho del Gráfico 5 fue bajo a comparación de países del mundo, si se evidencia una segunda ola de todas formas que fue lo suficientemente importante como para que se declare un confinamiento nuevamente en el país australiano.

por las líneas punteadas), pasaron alrededor de 2 meses para apreciar un cambio de pendiente en la curva de casos, generando así una segunda ola.

Acuña *et al.* (2020) analizan que el posible rebrote australiano se ha debido al incumplimiento de normas en los centros de cuarentena establecidos para los viajeros del extranjero al ser que hubo problemas en la seguridad privada de los centros de aislamiento⁴. Hubo un incumplimiento general de las normas de distanciamiento social y físico especialmente en las ciudades principales. Por otro lado, un factor que no es trivial es que casos secundarios de un contagio masivo en el oeste de Melbourne no tuvieron el seguimiento efectivo y la respectiva trazabilidad de contactos no se realizó, generando canales de contagio en el estado de Victoria.

Gráfico 5. Curva de casos nuevos por millón de habitantes, índice de estrictez e índices de movilidad de Google en Australia.



Fuente: Our World in Data y Google mobility reports. Nota: Los nuevos casos son un promedio móvil de 7 días.

Otro punto relevante resalta cuando se analiza el índice de estrictez del país, al ser que una vez iniciada la segunda curva se dan medidas de restricción nuevamente (y probablemente de manera no adelantada o tardía) que no pudieron parar el rebrote de manera efectiva, siendo que la segunda ola en Australia fue más intensa que la primera. El gobierno australiano posterior a este rebrote aplicó un “Plan de 3 pasos” y removió de manera gradual las restricciones, sin embargo, por la segunda ola que se percibió en zonas específicas se volvió a un confinamiento⁵ que duró por 110 días y el 17 de octubre tuvieron nuevamente una apertura. Se

⁴ Ver en: <https://www.bbc.com/news/world-australia-53259356> <https://www.bbc.com/news/world-51235105>

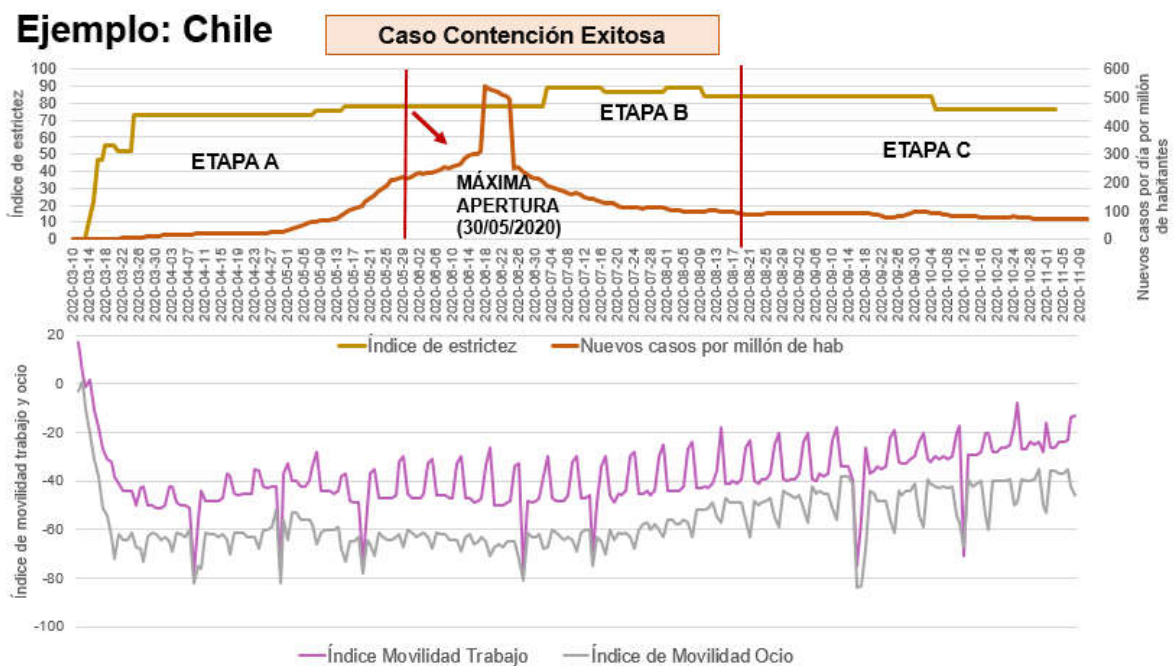
⁵ Ver en: <https://www.infobae.com/americas/mundo/2020/07/30/rebote-de-coronavirus-en-australia-13-muertes-y-744-casos-en-las-ultimas-24-horas/>

realizaron nuevamente en esa temporada, cierre de fronteras, pruebas masivas, se reforzó el rastreo de contagios y se endurecieron protocolos de distanciamiento.

La hipótesis planteada se basa en que el rebrote y la intensidad no han sido un fenómeno netamente epidemiológico, sino relacionado al comportamiento de la población y las medidas de restricción que abrieron las probabilidades de una segunda ola con un rezago temporal que se repite en varios países.

Por otro lado, resulta importante notar los esfuerzos realizados por Chile en cuanto a la contención de su curva⁶. En el Gráfico 6, se aprecia la curva de casos por millón de habitantes y se observa que Chile cumple lo que denominamos con un país de proceso lento, pero con contención exitosa.

Gráfico 6. Curva de casos nuevos por millón de habitantes, índice de estrictez e índices de movilidad de Google en Chile.



Fuente: Our World in Data y Google mobility reports. Nota: Los nuevos casos son un promedio móvil de 7 días.

A diferencia del país australiano, Chile muestra que los índices de movilidad de ocio y trabajo en su país mantienen una senda estable a lo largo del tiempo siendo que a pesar de que la curva en el país llegó a un valle luego del primer pico, la movilidad y las restricciones no se flexibilizaron, es más, se ve por el índice de estrictez que las restricciones aumentaron. El momento de la etapa de máxima apertura se da en mayo y posterior a este las medidas se volvieron a endurecer.

⁶ Ver en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52154853>

Además, a diferencia del país australiano, la movilidad por trabajo es mayor que la de por ocio, notando que se han priorizado las salidas por necesidad o por actividades económicas esenciales. Caracterizando a detalle el caso chileno muestra que su estrategia gradual: “Paso a paso” ha mostrado tener efectos de contención exitosos. Este se caracteriza por hacerse por zonas (comunas) y de manera gradual entre 5 pasos: cuarentena, transición, preparación, apertura inicial y apertura avanzada. Hasta la fecha la mayor parte de las comunas están en entre el paso 2 y 3, es decir en transición y preparación. Para la determinación del paso que corresponde a cada comuna, se hace uso de indicadores epidemiológicos, se analizan las redes asistenciales y la trazabilidad. Es en base a esto que una comuna puede pasar de un paso a otro si se encuentra con bajo riesgo. Muchos de los negocios en las comunas tienen restricciones estrictas y se ha hecho actividad en su mayoría en espacios abiertos. Chile también se destaca por ser de los países latinoamericanos que más pruebas por millón de habitantes ha realizado en base a los datos de Our World in Data (251.862 por millón de habitantes al 15/11/2020 comparado con Bolivia que realiza un total de 29.393).

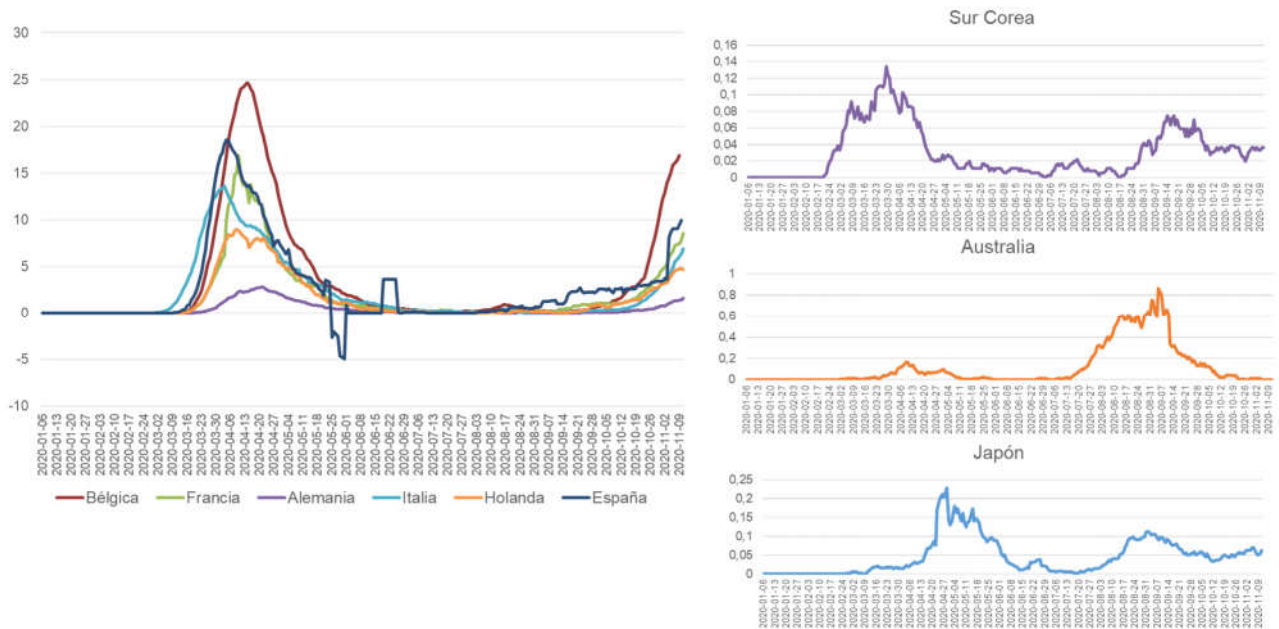
Evidentemente, las medidas que toma cada país tienen un costo económico, y es necesario hacer un contraste para el caso chileno y australiano. Chile no ha abierto del todo hasta ahora su economía y sigue con medidas estrictas que se flexibilizan de manera lenta y gradual, para ellos el desempleo para septiembre llegó a un 12,3%, siendo que en diciembre del 2019 cerraron con un desempleo del 7,4%. Asimismo, tuvieron una caída importante en su actividad económico con una caída de un 14,1% respecto al mismo periodo del año anterior. En el caso australiano, como bien se mencionó se soltaron medidas y se trató de reactivar la actividad lo que tuvo un menor costo en la actividad económica y desempleo. El país cerró el pasado año con un 5,1% y llegó a septiembre del 2020 con un porcentaje del 6,9%, un crecimiento no tan importante como el caso chileno. Por otro lado, evidentemente la actividad económica también tuvo una caída para el caso australiano correspondiente al 5,9% respecto al mismo periodo anterior, pero igualmente menor afectación que el caso chileno. Lo que se trata de mostrar es que hay un aparente *trade off* entre tratar de evitar un rebrote de COVID-19 poniendo medidas de contención y tratar de reactivar la economía de los países.

5.2. Intensidad de la segunda ola

En el gráfico 3 presentado anteriormente, se puede notar que la intensidad de la curva de casos en países europeos en la segunda ola supera ampliamente a lo observado en durante el primer pico. A pesar de esto, las medidas de contención que están implementando estos países aun no son tan rígidas como las de la “Gran Cuarentena”. En el gráfico 7, observamos la curva de decesos por millón de habitantes en estos países, de donde podemos notar que la intensidad de esta curva aun no supera a lo observado en la primera ola, de lo que podemos intuir que en última instancia es esta curva (de mortalidad) la que determina el grado de rigidez en las medidas de contención de un gobierno. Mas aún, si inspeccionamos nuevamente el Gráfico 4, de países asiáticos la intensidad de la curva de casos en la segunda ola también supera el pico de la primera ola, sin embargo, estos países

no han implementado medidas de contención y confinamiento tan rígidas como las que ya implementan los gobiernos europeos, lo que se explica porque la curva de mortalidad es notablemente menor en intensidad durante la segunda ola.

Gráfico 7. Curva de mortalidad por COVID-19 en países con segunda ola



Fuente: Our World in Data.

6. Conclusiones

Entre los factores que se encontraron que tienen un efecto relevante sobre la ocurrencia de una segunda ola, resaltan las **medidas de contención del gobierno** y el **comportamiento de la población al momento de desplazarse** por motivos laborales y de recreación y ocio.

No se han detectado que los **factores socios económicos** (ingreso per cápita y pobreza moderada) o **demográficos** expliquen la probabilidad de ocurrencia de una segunda ola, lo que es consistente con lo analizado en la diversidad de países europeos y asiáticos considerados en este estudio.

Los países que ya están experimentando una segunda ola, muestran que una respuesta “no adelantada” o “tardía” por parte de los gobiernos difícilmente logra contener el incremento de casos (punto de inflexión).

En Bolivia, las recientes flexibilizaciones de las políticas de contención y la movilidad de las personas muestran que el país tendría una probabilidad de ocurrencia de la segunda ola del 70,2%, y a nivel departamental los resultados varían desde 33,4% (Pando) hasta 89,8% (Santa Cruz).

De mantenerse las condiciones actuales de desconfinamiento en Bolivia, el estudio de puntos de inflexión sugiere que para el mes de noviembre la curva llegaría a su punto de inflexión dando un posible inicio a una segunda ola, cuyo pico más alto se daría en los meses de febrero y marzo 2021.

La intensidad de la segunda ola en los países observados es superior a la primera ola en la mayoría de los casos. A partir de la inspección de las curvas de mortalidad, podemos intuir que en última instancia es estas determinan el grado de rigidez en las medidas de contención de un gobierno y no así la curva de casos.

7. Bibliografía

Acuña, C., R. Cerda N, H. González B., F. Larraín B. (2020). *Covid-19: Un modelo para determinar la probabilidad e intensidad de una segunda ola de contagios*. Documento de Trabajo N° 82 (agosto 2020), CLAPES, Santiago de Chile.

Bry, G., C. Boschan, (1971). *Cyclical Analysis of Time Series: Selected Procedures and Computer Programs*. Technical Paper 20, NBER, New York.

Hale, T, N. Angrist, E. Cameron Blake, L, Hallas, B. Kira, S. Majumdar, A. Petherick, T. Phillips, H. Tatlow, S. Webster. (2020) *Variation in Government Responses to COVID-19 Version 8.0*. Blavatnik School of Government Working Paper. 22 October 2020, Oxford.

Hodrick, R, E. Prescott, 1981. "Post-War U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation," Discussion Papers 451, Northwestern University, Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science.

Verbeek, M. (2008). *A guide to modern econometrics*. John Wiley & Sons, Chichester, England