

Efecto de la reducción de movilidad en la segunda ola de COVID-19.

Álvaro Cabana¹, Lorena Etcheverry², Daniel Herrera³, María Inés Fariello⁴ Paola Bermolen⁴,
Marcelo Fiori⁴

¹ Centro de Investigación Básica en Psicología (CIBPsi) e Instituto de Fundamentos y Métodos, Facultad de Psicología, Universidad de la República

²Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

³Laboratorio de Neurociencias, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República

⁴ Instituto de Matemática y Estadística Rafael Laguardia, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

Resumen:

Mientras en Uruguay estamos teniendo la primera ola de la pandemia Covid-19, en muchos países ya están sufriendo la segunda. Los riesgos de saturación del sistema sanitario llevan a muchos de estos países a tomar diferentes medidas, que incluyen desde el cierre de locales gastronómicos y suspensión de clases presenciales, a restricciones en la circulación nocturna.

En este trabajo estudiamos el efecto de medidas de restricción de movilidad en la curva de contagios, para un grupo de países. Estos países fueron seleccionados de acuerdo a su similitud con Uruguay en diferentes parámetros: son países de entre uno y doce millones de habitantes, con un esfuerzo de testeo razonable, y que en algún momento tuvieron la epidemia controlada.

Para estos países, se estudian los índices de movilidad proporcionados por Google, y un índice sobre las medidas gubernamentales recopilado por la Universidad de Oxford, además de los casos nuevos diarios por cada 100.000 habitantes. En primer lugar se observa que la movilidad reportada por Google se encuentra en relación directa con las medidas gubernamentales: a mayores niveles de medidas restrictivas la movilidad se encuentra más reducida. En segundo lugar, se analiza la influencia de la reducción de movilidad sobre la velocidad de crecimiento/decrecimiento del indicador P7 (promedio en 7 días de casos nuevos por cada 100.000 habitantes), y se muestra que niveles altos de reducción de movilidad dan lugar a un decrecimiento en el índice.

Finalmente, se realizan algunas observaciones sobre la duración necesaria de las restricciones de movilidad en función del nivel del máximo del P7, así como el riesgo de levantar las medidas demasiado pronto.

1. Introducción

Desde el inicio de la pandemia de COVID-19 se han empleado diferentes estrategias de contención de la enfermedad y, si bien cada caso tiene sus particularidades, las intervenciones no farmacológicas (NPIs por sus siglas en inglés) han sido muy importantes

para controlar la propagación (Aleman et al., 2020; Flaxman et al., 2020; Soltesz et al., 2020). Tanto las medidas que refuerzan el concepto de distanciamiento social (como el cierre al público de ciertos tipos de comercios, el cierre de instituciones educativas, o la prohibición de espectáculos públicos) como las que imponen restricciones a la movilidad, como los lockdowns o confinamientos generalizados, han resultado exitosas en la contención de la propagación del virus (Flaxman et al., 2020; Maier et al., 2020; Chang et al., 2020; Schlosser et al., 2020; Brauner et al., 2020). Sin embargo, en algunos países (notablemente Argentina) la estrategia de reducción drástica de movilidad interna ha producido resultados poco claros desde el punto de vista de la contención de la epidemia, a un costo económico y social muy alto (Alzúa & Gosis, 2020).

Como complemento de estas intervenciones, la estrategia TETRIS (testeo, rastreo de contactos y aislamiento de casos, también denominado TTI en inglés) ha sido empleada con éxito por varios países para este fin (Jain et al., 2020), permitiendo reducir las fuertes restricciones en la movilidad impuestas al comienzo de la pandemia. Esta estrategia consiste en identificar casos a través de la realización de tests, rastrear sus contactos así como los posibles grupos que son potencialmente la fuente de su infección, y aislar los casos y los contactos en cuarentena.

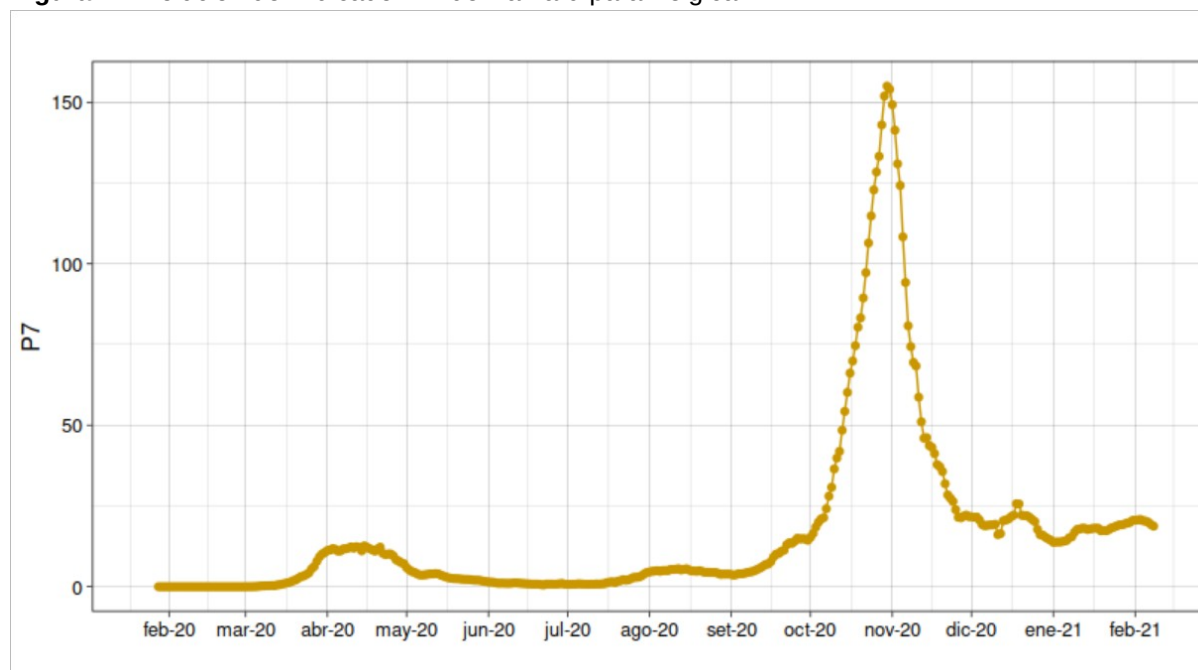
En Uruguay la estrategia TETRIS ha permitido, durante más de 20 semanas desde la detección del primer caso, la contención de la epidemia a bajos números, manteniendo los casos nuevos por debajo de un umbral de crecimiento (Bermolen et al., 2020; Arim et al., 2020; Moreno et al., 2020). Sin embargo, desde Noviembre de 2020 el aumento de casos ha sido pronunciado, alejándose de la zona de control (es decir, índices $R > 1$ sostenidos), lo que implicaría la necesidad de aumentar las medidas de contención.

Además de Uruguay, muchos otros países del mundo están atravesando en estas semanas el peor momento de la pandemia, mientras que otros están experimentando un rebrote importante (OWID, 2020), que por simplicidad denominaremos “segunda ola” (independientemente del momento exacto donde se produzca el máximo en la cantidad de casos nuevos, o de si es efectivamente o no la segunda ola en el país). Algunos de esos países han logrado revertir el crecimiento en el número de casos diarios, aunque muy pocos han vuelto a niveles muy bajos. En casi todos estos países se ha complementado la estrategia TETRIS implementada desde el inicio de la pandemia con medidas de distanciamiento social y reducción de movilidad interna en respuesta al aumento de casos. A modo de ejemplo está el caso de Bélgica, que alcanzó el último máximo en el promedio de casos diarios de los últimos siete días cada 100.000 habitantes¹ el 30/10/2020 con un valor de 153.6. Como se puede apreciar en la Figura 1, luego de mantener el valor del indicador P7 por debajo de 10 durante casi cinco meses (24/4/2020 al 19/9/2020), este comenzó a crecer hasta alcanzar dicho máximo 40 días después. Casi 30 días después del máximo, el indicador P7 descendió hasta valores inferiores a 25. Entre las medidas aplicadas están el cierre al público de bares y restaurantes (habilitando servicio de delivery), la suspensión de clases en la educación superior, la limitación del tiempo de permanencia en los comercios al realizar compras a 30 minutos, la prohibición de eventos deportivos

¹Este indicador se denomina indicador P7 de incidencia de casos ([Harvard Global Health Institute and the Edmond J. Safra Center for Ethics, 2020](#))

amateurs y el cierre de los parques de diversiones, la restricción a un máximo de cuatro personas para reuniones al aire libre, la prohibición de estar fuera del domicilio sin justificación entre las 23:00 y las 6:00, entre otras.

Figura 1. Evolución del indicador P7 de Harvard para Bélgica.



En vista de casos como el de Bélgica, este trabajo busca explorar la relación entre indicadores de reducción movilidad (a menudo pero no necesariamente fruto de medidas de restricción de movilidad como confinamientos o *lockdowns*, cierre de comercios, órdenes de quedarse en casa, etc.) y la evolución de la incidencia de casos de COVID-19 en esta segunda ola, utilizando un enfoque descriptivo y orientado a datos (con pocas suposiciones respecto de la naturaleza de la propagación del virus).

Comenzaremos por presentar los países en los que basaremos nuestro análisis (Sección 2), para luego definir los indicadores de movilidad utilizados y su relación con la evolución del índice P7 en los países en cuestión (Sección 3). En la Sección 4 se analiza en más detalle la relación entre la movilidad y el valor máximo del índice P7, mientras que en la Sección 5 se presenta una discusión de los resultados obtenidos.

2. Países con manejo exitoso de la pandemia

Con el objetivo de realizar inferencias potencialmente aplicables al contexto uruguayo, y a fin de contar con datos confiables de incidencia diaria, decidimos restringir este análisis a países que cumplan los siguientes criterios de inclusión:

1. tengan una población de entre 1 y 12 millones de personas,
2. hayan logrado contener la propagación después de la primera ola, y
3. realizan un esfuerzo de testeo suficiente.

Para restringir el análisis a la “segunda ola”, cuando los sistemas de testeo y seguimiento

de casos estaban establecidos (y en muchos países la incidencia de comienzos de 2020 había descendido), consideraremos como fecha inicial de todos los análisis el 1/7/2020. Para estudiar países que hayan logrado una contención previa de la epidemia similar a la de Uruguay (criterio de inclusión 2), excluimos del análisis a los países que desde esa fecha en ningún momento han logrado alcanzar un indicador P7 por debajo de 3 (lo que excluye a países como Israel, Panamá, Costa Rica o Armenia).

Finalmente, para seleccionar países con una capacidad de testeo suficiente tal que los casos reportados reflejan la epidemia real (criterio de inclusión 3), atendiendo a la relación entre número de tests, positividad y población (Hasell et al., 2020) construimos un índice de esfuerzo de testeo (véase el Anexo técnico) dividiendo la mediana del número de tests diarios per cápita por la mediana de la positividad (multiplicándose por un valor de 1000 para facilitar la lectura de las cifras obtenidas). A modo ilustrativo, Fiji, Vietnam, Australia y Nueva Zelanda lideran este indicador con valores superiores a 2000, Cuba es el primer latinoamericano con una mediana superior a 100, y Uruguay está en el puesto 27 mundial con una mediana de 61,4. Paraguay y Bolivia quedan fuera de este análisis con valores de 1,7 y 0,5, respectivamente.

Un total de 26 países cumplen con los criterios de inclusión, de los cuales sólo Nueva Zelanda se mantuvo todo el tiempo en zona verde de Harvard ($P7 < 1$, véase más adelante), y se excluye de los siguientes análisis. Para dos de estos países (Cuba y Chipre) no se cuenta con datos de movilidad, y por tanto también se excluyeron. La lista de los 23 países incluidos en el presente análisis se encuentra en la Tabla 1 del Anexo técnico.

3. Movilidad, confinamiento y P7

En esta sección introducimos los indicadores de movilidad de Google, analizamos su relación con las medidas gubernamentales reportadas en el Coronavirus Government Response Tracker de la Universidad de Oxford (Thomas et al., 2020), y la relación entre la reducción de movilidad y el cambio en el índice P7.

Elegimos estos indicadores porque logran captar la presencia de medidas de reducción de movilidad y en particular medidas de fuerte restricción. Esta información detallada por país o región no siempre está disponible de manera actualizada. El CRT-Oxford es un intento de recabar esta información y de resumir en un solo valor. Además, las comparaciones directas de medidas entre países pueden ser muy difíciles de plantear y analizar, ya que el impacto de las medidas depende de muchos factores socio-económicos que escapan a este análisis.

3.1. Indicador de movilidad de Google

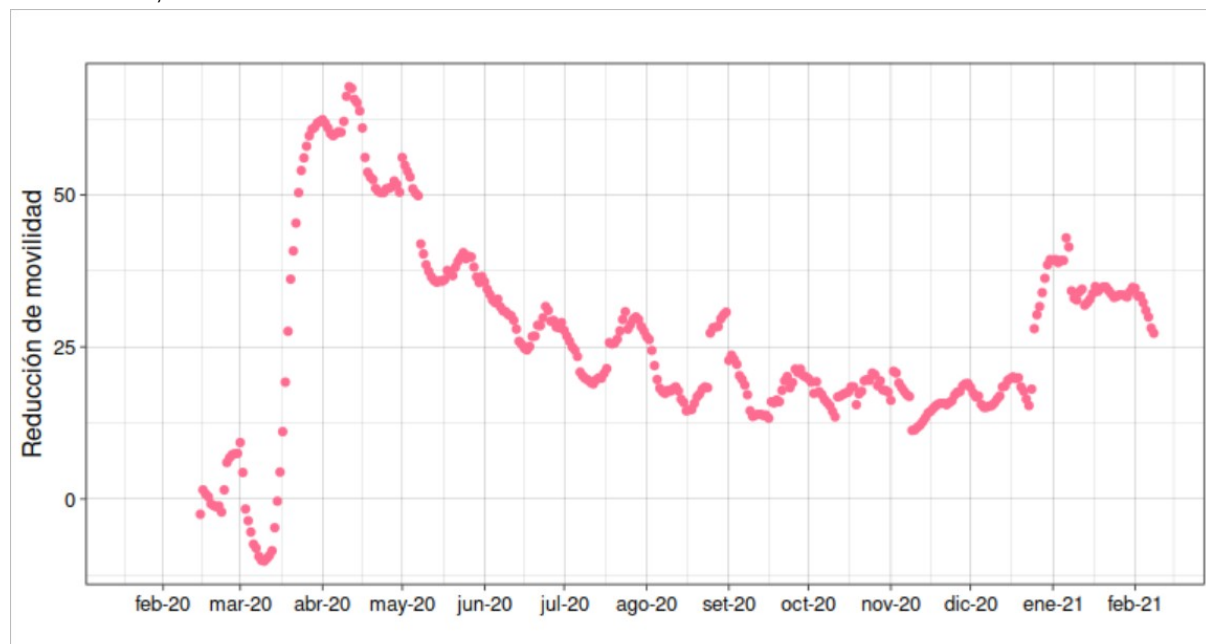
En base a los datos de localización de los teléfonos celulares con sistema operativo Android, Google elabora reportes de movilidad a nivel global para varios países y regiones,

los “Google Community Mobility Reports” (Google, 2020). Se trata de indicadores de movilidad en base a cinco categorías: residencias, trabajos, comercios y recreación, tiendas de comestibles y farmacias, parques, y estaciones de transporte público. Recientemente han sido utilizadas en estudios empíricos y de modelado para evaluar el impacto de la movilidad individual en el crecimiento (Peláez *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2020) y el control (Sulyok & Walker, 2020; Wang & Yamamoto, 2020) de la epidemia.

Para medir la disminución de la movilidad de las personas, y de forma indirecta la adopción de medidas de restricción de la movilidad individual, elegimos combinar estos indicadores en un único indicador de reducción de movilidad que refleje el porcentaje de tiempo que las personas pasan en el hogar versus otros lugares, en contraste con la línea de base elaborada por Google (febrero 2020, más detalles en el anexo).

En la Figura 2 puede verse la evolución de este indicador a partir de febrero de 2020 para Uruguay. Como es de esperar, se observa que el indicador de reducción de movilidad aumenta en momentos en los que en Uruguay se implementaron altas restricciones de movilidad por las medidas del gobierno y la respuesta social (segunda mitad de marzo y abril). También se observa que el indicador disminuye en momentos de apertura de actividades y mayor movilidad (segunda mitad del año). En Uruguay el indicador se vuelve negativo los primeros días de marzo, posiblemente debido a que en ausencia de medidas restrictivas, el comienzo de clases y el fin de las licencias veraniegas (así como la vuelta de otras actividades) aumentaron la movilidad en comparación el mes de febrero (línea de base del índice).

Figura 2. Evolución del índice de reducción de movilidad elaborado en base a los datos de movilidad de Google, para Uruguay. Puede verse el aumento rápido a mediados de marzo y el pico entre abril y mayo. Luego gradualmente las restricciones de movilidad disminuyen (la movilidad aumenta) hasta llegar a un mínimo (máximo de movilidad), alcanzado en Uruguay hacia octubre y noviembre. Pasado este mínimo, se observa un nuevo aumento de la restricción de movilidad.

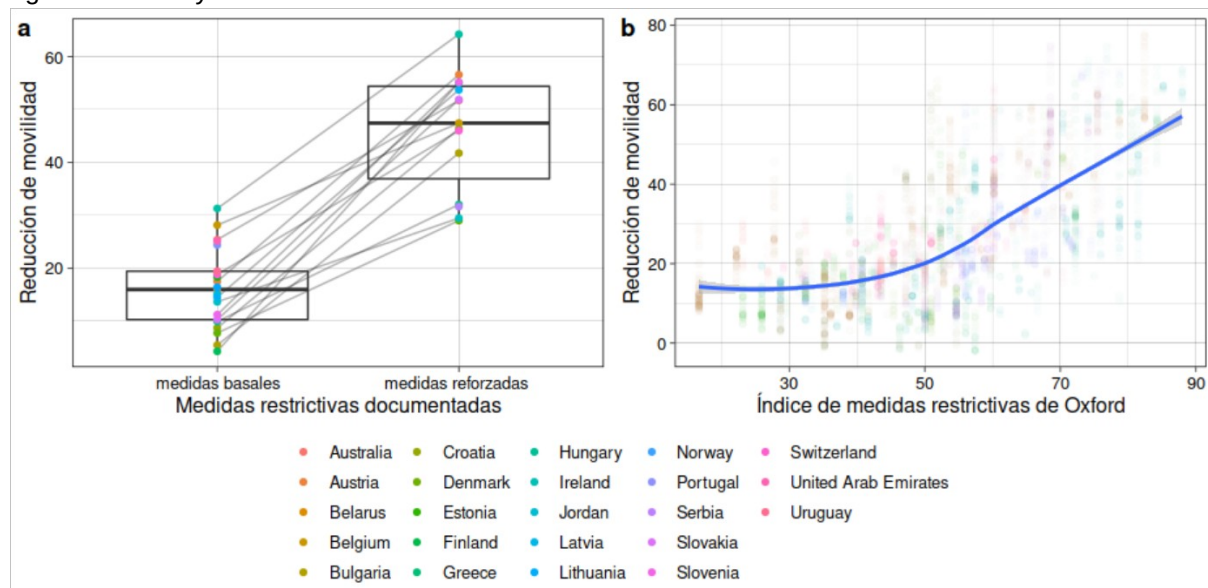


Para validar de forma más efectiva la relación entre el índice de movilidad utilizado en este reporte y la adopción de nuevas medidas restrictivas por parte de los gobiernos, realizamos una comparación de los niveles medios del índice en momentos en los que rigen medidas más restrictivas vs. momentos sin estas nuevas restricciones (ver Tabla 2 del anexo para la definición de las medidas restrictivas). En la Figura 3a se muestra, para los diferentes países de este estudio, el valor del índice de movilidad en presencia y en ausencia de medidas restrictivas. Allí puede verse que en presencia de medidas más restrictivas se incrementa la mediana del índice de reducción de movilidad en todos los países.

Una segunda validación más sistemática la otorga la comparación con el índice de rigor (*stringency index*) del Coronavirus Government Response Tracker de la Universidad de Oxford (Thomas et al., 2020), que se muestra en la Figura 3b. Este índice cuantifica entre 0 y 100 el nivel de medidas restrictivas (desde distanciamiento físico a medidas similares al confinamiento) decretadas por los gobiernos para enfrentar la pandemia, aunque no necesariamente refleja el nivel de adopción por parte de la población. En la Figura 3b puede verse que la relación entre este indicador y el índice de reducción de movilidad basado en datos de Google es monotónica positiva, en la que pueden identificarse dos regiones aproximadamente lineales, con una pendiente más pronunciada a partir de la mitad de la escala de Oxford. Puede observarse también que niveles de reducción de movilidad superiores a 30 están vinculados a los valores más altos del índice de rigor de Oxford.

En suma, el índice de reducción de movilidad refleja la puesta en marcha de medidas de refuerzo del distanciamiento social y restricción de movilidad por parte de las autoridades gubernamentales en los países seleccionados (y probablemente el nivel de cumplimiento por parte de la población). En particular, valores superiores a 30 se asocian con medidas estrictas, valores aun más altos con medidas cercanas al confinamiento.

Figura 3. a. Mediana del índice de reducción de movilidad en momentos en los que rigen las medidas de reducción “basales” vs. nuevas medidas más restrictivas. **b.** Relación entre el índice de rigor de Oxford y el índice de reducción de movilidad.

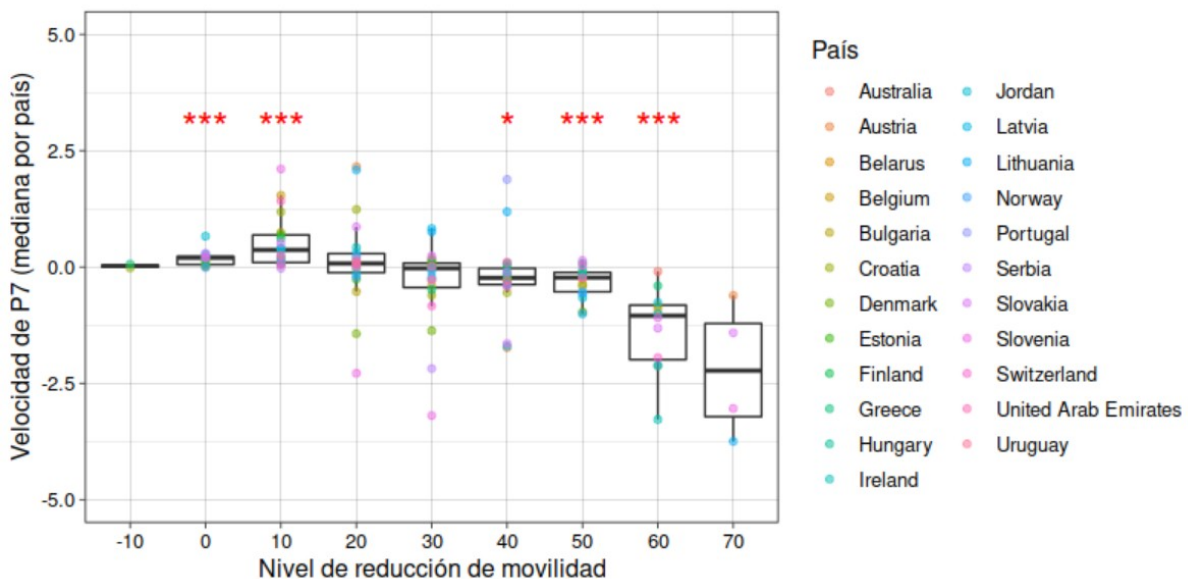


3.2. Movilidad y cambio en P7

Para evaluar la asociación del nivel de movilidad con el cambio en el indicador de incidencia P7, calculamos para cada país la mediana de la tasa de cambio o “velocidad” de P7 (diferencia entre dos valores correspondientes a días consecutivos). Aquellos días en que el valor de P7 haya disminuido tendrán velocidad negativa, y los días en los que haya aumentado tendrán velocidad positiva.

En la Figura 4 podemos ver los valores de velocidad de P7 para diferentes países, separados según los rangos de reducción de movilidad presente 13 días antes (véase Anexo). Para niveles de reducción bajos las velocidades son positivas, lo que implica crecimiento del P7. A partir de niveles de reducción superiores a 20, en algunos países se observan medianas de velocidad negativas, siendo estadísticamente significativa esta relación para reducciones mayores a 40 (muy pocos países alcanzan reducciones de 70 o más).

Figura 4. Relación entre el índice de reducción de movilidad (13 días antes) y el cambio en P7 (velocidad). Los asteriscos denotan significancia en tests de mediana de Mann-Whitney-Wilcoxon.



En suma, a niveles bajos de reducción de movilidad el número de casos promedio aumenta, mientras que a niveles altos de reducción (mayores a 30 o 40) el número de casos promedio disminuye. Estos valores altos de reducción, a su vez, se corresponden con los valores más altos de la escala de Oxford, lo que corresponde con medidas cercanas al confinamiento (cierre de comercios no esenciales, prohibición de salir del domicilio durante la noche, cierre de establecimientos educativos, etc.).

4. Efecto sobre el pico de P7

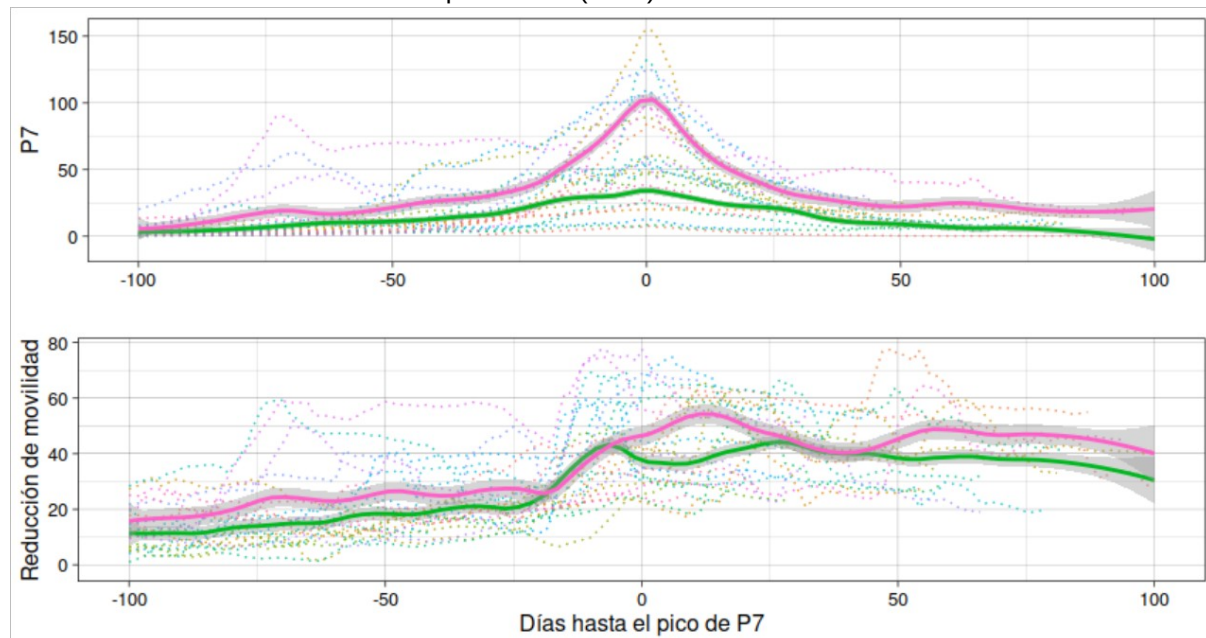
Para comparar la dinámica de diferentes países, tomamos como referencia al día con mayor

valor del índice P7 para cada país, al que marcamos como día 0 y llamamos a este valor pico de P7 de la ola.

En los países analizados, los valores máximos del índice P7 estuvieron en un rango entre 7.88 (Australia) y 155 (Bélgica), con una mediana cercana a 60. Para evaluar el posible desempeño diferencial de los países a diferentes máximos de P7 alcanzados, dividimos los países en torno a la mediana del pico de P7: un grupo de países con pico “bajo” (mediana de P7 de 25), y un grupo de países con pico “alto” (mediana de P7 de 90). Como referencia, si consideramos a Uruguay entero, lo encontramos en el grupo de países con pico “bajo”, aunque aún en fase de crecimiento, y por ejemplo el departamento de Rivera está cerca de sobrepasar el valor de 60 en el P7.

En la Figura 6 se observa la evolución del índice P7 y del índice de reducción de movilidad en torno al pico epidémico en los diferentes países. Los días previos al pico se indican con valores negativos en el eje horizontal, y los días posteriores con valores positivos. En la figura puede apreciarse que tanto en los países con pico bajo de P7 como en los países con pico alto, este se alcanza luego del aumento del índice de reducción de movilidad. La principal diferencia entre estos grupos (además del nivel de P7 alcanzado) se da después de alcanzado el pico: puede observarse que en el grupo de pico alto la restricción de movilidad parece ser mayor que en el grupo de países de pico bajo.

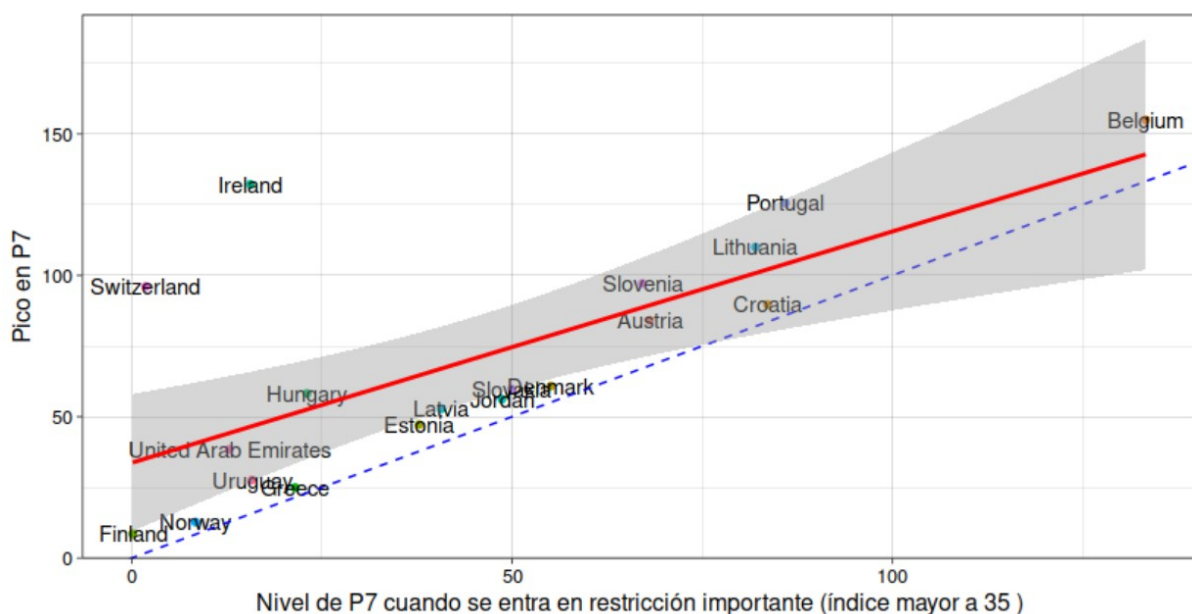
Figura 5. Relación entre reducción de movilidad y pico de P7. Las líneas punteadas corresponden a cada país, las líneas sólidas a una regresión local (LOESS), la zona sombreada corresponde al error estándar. El color rojo denota países con pico de P7 mayor a 60, el verde menor a 60. Todas las curvas están centradas en el día del pico de P7 (día 0).



Cabe preguntarse entonces, ¿de qué depende que se alcance un determinado valor máximo de P7? Puede observarse en la Figura 5 que el pico de P7 suele darse poco más de una semana después de que la reducción de movilidad se acentúe. Resulta razonable

suponer que el nivel que alcanza el pico depende del nivel de P7 en el momento en que aumentan las restricciones en la movilidad. En la Figura 6 se muestra justamente esta relación, donde se toma como momento de restricciones mayores el día más próximo al pico en el que el índice de reducción está por encima de 35. Puede verse que la relación es aproximadamente lineal, con pendiente levemente menor a 1 y ordenada en el origen mayor a 0. Esto implica entonces que el nivel de P7 en el momento en que se restringe la movilidad por encima de cierto umbral determina en buena medida el valor del pico de P7, siendo estos valores más similares a valores mayores de P7.

Figura 6. Nivel de P7 el día en que la reducción de la movilidad supera el umbral de 35, y nivel de P7 en el pico de casos nuevos.



5. Discusión

En este trabajo buscamos evaluar la relación entre la reducción de movilidad y la evolución de la segunda ola de COVID-19 en países que, como Uruguay, partían de una situación de relativa contención después de la primera ola de principios de 2020, en base a una combinación exitosa de medidas no farmacológicas entre las que se incluyen aquellas que inducen a la reducción de la movilidad, sumadas a una exitosa estrategia de testeo, seguimiento de contactos y aislamiento de casos.

Para eso empleamos un indicador de la reducción de movilidad basado en los datos de movilidad de Google, y mostramos que se correlaciona positivamente con un indicador de rigor de las medidas adoptadas por los países, como es el índice de Oxford (Thomas et al., 2020), especialmente en el rango superior de este índice. En particular, valores mayores a 35 o 40 en el índice de reducción de movilidad corresponden con medidas muy rigurosas, cercanas al confinamiento.

En este trabajo decidimos utilizar el indicador P7 de incidencia de Harvard por dos motivos. En primer lugar porque se trata de un indicador normalizado por población y que al promediar una semana de datos tiende a suavizar las fluctuaciones diarias en el reporte de casos. El segundo es porque el indicador P7 está asociado a cuatro niveles de riesgo: nivel verde ($P7 < 1$), nivel amarillo ($P7 < 10$), nivel naranja ($P7 < 25$) y nivel rojo ($P7 > 25$). Estos niveles proporcionan un marco de referencia para los responsables de la toma de decisiones y la población. Según los creadores del indicador, en el nivel verde (que se alinea con el umbral de meseta de baja incidencia del CDC) la situación se encuentra en vías de contención siempre y cuando se sostenga el testeo a niveles de mantenimiento y el rastreo de contactos suficiente para controlar los picos y brotes. En contraste, en el nivel rojo se ha alcanzado la propagación incontrolada y se requerirá del uso de órdenes de permanencia en el hogar y/o avisos para mitigar la enfermedad (Harvard Global Health Institute and the Edmond J. Safra Center for Ethics, 2020).

Nuestro análisis para los países seleccionados muestra que, en consonancia con otros reportes de la literatura internacional (Chang et al., 2020; Schlosser et al., 2020; Sulyok y Walker, 2020; Wang y Yamamoto, 2020), y en reportes previos para Uruguay (Peláez et al., 2020), niveles altos de movilidad se asociaron a crecimiento del P7, mientras que niveles altos de reducción de movilidad (correspondientes a medidas muy restrictivas, similares al confinamiento) se asociaron a una disminución de P7. Además, una vez que la contención de la epidemia se pierde, el nivel del indicador P7 en el momento en que los países optaron por restringir la movilidad determina en buena medida el nivel máximo de P7 a alcanzar. Este punto resulta importante tanto por el impacto sobre el sistema de salud que pueda significar este máximo, sino además porque aquellos países que han logrado picos altos parecen tener mayor riesgo de levantar las medidas de restricción antes de tiempo (esto es, a niveles altos de incidencia, presumiblemente a causa del costo económico y social de estas medidas) y ocasionar un rebrote que obligue a tomar nuevas medidas restrictivas. Esta situación potencialmente desastrosa en lo social y económico puede verse hoy en Eslovenia, Eslovaquia o Portugal (y países que no fueron incluidos en este análisis como Paraguay o República Checa), donde la incidencia volvió a repuntar y las medidas de restricción volvieron a extenderse (ver Figura A2).

Puede concluirse entonces que para controlar el crecimiento sostenido en los contagios ha resultado efectiva la estrategia de restringir la movilidad (en ocasiones a niveles cercanos a los del confinamiento), siendo presumiblemente más efectiva (y más corta) cuando se inicia a niveles no muy altos de incidencia ($P7 < 60$).

Existen varios trabajos que apuntan a medir la efectividad de las medidas que apuntan a reducir los contagios a través de la reducción de la movilidad (Bönisch et al., 2020; Brauner et al., 2020; Chang et al., 2020; Haug et al., 2020; Walker et al., 2020). Si bien la diversidad de propuestas existentes requiere de un análisis más detallado, una mirada preliminar muestra que, en muchos casos, la combinación de medidas de aumento de la distancia social y restricción de la movilidad, como el cierre de restaurantes y bares, el cierre de atención al público en comercios no esenciales, la restricción del número de personas permitido en reuniones, la cancelación de espectáculos públicos, y el cierre de instituciones

educativas, permiten volver a tener el control de la situación sin la necesidad de llegar a situaciones de confinamiento y órdenes de mantenerse en el domicilio.

Es fundamental destacar que, más allá de las medidas, el nivel de acatamiento por parte de la población juega un rol esencial. Para esto, es fundamental el desarrollo de campañas y medidas de comunicación exitosas, por parte del gobierno, que busquen comprometer a la ciudadanía. Otro aspecto no menor a considerar es la complementariedad con otras NPIs, como son aquellas destinadas a dar apoyo económico a poblaciones vulnerables (Cordeiro-Rodrigues, 2020) y a potenciar y mejorar los sistemas de salud en su conjunto (Ursin et al., 2020). En suma, no es posible evaluar la efectividad de un sólo tipo de medidas sino que es preciso considerarlas integralmente.

Este trabajo cuenta con algunas limitaciones que pueden afectar la interpretabilidad de los resultados. En primer lugar, el índice de reducción de movilidad empleado, si bien se correlaciona con la implementación de medidas, no es una medida directa de interacción social. Si bien los datos de movilidad de Google han sido empleados anteriormente en estudios sobre transmisión de covid-19 (Sulyok & Walker 2020; Wang & Yamamoto, 2020), el índice utilizado en este trabajo es una elaboración propia, y sería deseable realizar una validación más detallada. Si bien la adopción de dispositivos móviles con sistema operativo Android es masiva en los países incluidos en este análisis, es posible que los datos de movilidad estén sesgados hacia niveles socioeconómicos medios y altos, pudiendo no reflejar fielmente los patrones de movilidad de toda la sociedad.

Por otra parte, la dinámica de movilidad dentro de cada país puede ser heterogénea, y los indicadores tomados en este trabajo, al ser globales para cada país, pueden estar levemente distorsionados por estas diferencias. A modo de ejemplo, en Suiza el pico en el P7 de fines de octubre se explicaba básicamente por las regiones próximas a Francia. A raíz de esto se tomaron determinadas medidas a nivel global, dejando a consideración de cada región el fortalecimiento de las mismas. Las regiones con mayor incidencia optaron por medidas más restrictivas (como cierre de bares y restaurantes), que pueden verse desdibujadas en un indicador global de movilidad de todo el país.

También, señalamos que existe evidencia de que cuando la incidencia aumenta el subreporte de casos también aumenta (se reportan menos casos de los existentes por dificultades en la identificación, testeo, etc) (Herrera et al., 2020; Russell et al., 2020). Esto, si bien puede distorsionar los análisis y la utilidad de las conclusiones que pueden hacerse, es esperable que lleven también a subestimar la efectividad de las medidas de reducción de movilidad en reducir la incidencia.

Por último, los análisis realizados en este trabajo son relativamente sencillos, y por tanto su capacidad de ilustrar sobre detalles importantes acerca de las medidas particulares de reducción de movilidad que resulten más efectivas o los posibles mecanismos de acción involucrados es limitada. No obstante todas estas limitaciones, entendemos que este trabajo logra demostrar la efectividad de las medidas de reducción de movilidad en contener la segunda ola de COVID-19 en países comparables en algunos aspectos a Uruguay. Por tanto, entendemos que constituye un insumo importante en el debate público acerca de las

medidas a implementar en el país ante el sostenido aumento de casos observado desde finales de 2020 y principios de 2021.

En todo caso, sería deseable que las medidas a adoptar en cada contexto, y en particular en Uruguay se diseñen en función de un objetivo claro. En este trabajo mencionamos diferentes estrategias que tomaron distintos países buscando llevar las curvas de contagios a distintos comportamientos.

En particular, si el objetivo fuera volver a una situación de control de la epidemia, que permita ubicar a Uruguay en la zona verde de la clasificación de Harvard con un índice P7 menor que uno, entonces las medidas tendrán que lograr una reducción de la movilidad considerable. Una vez de vuelta en esta zona, e implementando una estrategia TETRIS adecuada y sostenida, podríamos volver a los niveles relativamente altos de actividad que experimentamos a mediados de 2020. En este análisis no se han encontrado ejemplos de países que logren este objetivo sin la imposición de medidas que refuercen el distanciamiento social, lo cual se refleja en una reducción considerable de la movilidad. Además, la experiencia internacional muestra que este estado debe mantenerse hasta lograr un nivel de P7 suficientemente bajo. En esta línea, cuanto más alto sea el pico del P7, más tiempo habrá que mantener las medidas de reducción de movilidad, de lo contrario es posible que rápidamente se vuelva a una nueva fase de crecimiento. Si las medidas se toman a tiempo y logran sostenerse lo necesario, es posible volver a niveles aceptables de incidencia mediante intervenciones más acotadas en el tiempo.

Agradecimientos

Queremos agradecer especialmente los valiosos comentarios de la Dra. Alicia Alemán, del Dr. Javier Baliosión y del Dr. Guillermo Moncecchi, así como de los revisores externos Dr. Ernesto Mordecki y Dr. Francisco Peñagaricano. Sus observaciones y sugerencias nos permitieron mejorar sustancialmente el presente trabajo.

Comentarios de los revisores externos

Dr. Ernesto Mordecki (CMAT, UdelaR)

La nota elaborada para el GUIAD es una contribución sustantiva para la comprensión del control de la epidemia en Uruguay. Contiene los dos ingredientes necesarios en un trabajo COVID de datos: un análisis cuantitativo y experiencia internacional bien seleccionada.

Me consta que el trabajo ya dió sus frutos en la discusión interna en los ámbitos de datos del GACH, y valoro especialmente el liderazgo de Álvaro Cabana para considerar con argumentos científicos los resultados de restricciones de movilidad, que pueden llegar a ser necesarios en algunas situaciones. Los resultados obtenidos, que para los tiempos breves con que se cuenta (no es un trabajo científico tradicional) son valiosos.

Dr. Francisco Peñagaricano (U. Wisconsin-Madison)

El trabajo aborda un tema muy relevante: el efecto de la reducción de la movilidad, debido a medidas de refuerzo del distanciamiento social y restricción de movilidad, en la evolución de los contagios. Está muy bien escrito, bien estructurado, es sencillo de seguir. Los gráficos

describen de gran manera los principales hallazgos. Muy interesante contribución.

Anexo técnico

Datos. Johns Hopkins dataset (Dong et al., 2020), Google Community Mobility Reports (Google, 2020), Our World in Data (Hasell et al., 2020), compilados por el paquete *tidycovid*².

Tabla A1. Países incluidos en el trabajo. Datos sociodemográficos provenientes del Banco Mundial.

	Población (millones)	Densidad poblacional	PIB per cápita (dólares)	P7 mínimo	P7 pico
Australia	7	3.25	57186	0.06	7.88
Austria	8.88	107.13	50552	0.75	84.08
Bielorrusia	9.47	46.72	6678	0.86	20.31
Bélgica	11.48	377.38	47618	0.74	155.01
Bulgaria	6.98	64.71	9058	1.63	48.56
Croacia	4.07	73.05	16509	1.12	89.68
Dinamarca	5.82	137.98	65820	0.25	60.82
Estonia	1.33	30.41	20856	0.05	47.22
Finlandia	5.52	18.15	49397	0.05	8.58
Grecia	10.72	83.27	24024	0.18	24.95
Hungría	9.77	107.98	17572	0.05	58.19
Irlanda	4.94	70.65	79703	0.19	132.19
Jordania	10.1	112.14	3325	0.12	56.22
Letonia	1.91	30.99	16722	0.06	52.81
Lituania	2.79	44.72	18609	0.09	110
Noruega	5.35	14.55	92556	0.13	12.71
Portugal	10.27	112.26	24658	1.66	125.52
Serbia	6.94	79.84	7230	0.93	104.8
Eslovaquia	5.45	113.29	20999	0.18	59.77
Eslovenia	2.09	102.96	27426	0.47	97.12
Suiza	8.57	215.47	79406	0.9	96.07
Emiratos Árabes Unidos	9.77	135.61	41420	2.23	38.43
Uruguay	3.46	19.71	14597	0.11	27.63

Nota: Aproximadamente 4/5 de los casos en Australia corresponden al estado de Victoria, particularmente a la zona metropolitana de Melbourne. Por tanto los datos de población (algo sobreestimada) y movilidad corresponden al estado de Victoria. Los datos de casos nuevos y testeo corresponden a toda Australia, lo que a la vez sobreestima la incidencia y el esfuerzo de testeo de esta zona.

²<https://github.com/joachim-gassen/tidycovid19>

Índice de reducción de movilidad. Se elaboró promediando en los últimos 7 días la siguiente combinación:

$$0.5*(\text{hogares} - \text{trabajos} - \text{no-esenciales-y-recreación})$$

El índice busca reflejar la reducción de la movilidad individual, por eso se considera la diferencia entre hogares y todo el resto. Por ejemplo, es claro que siempre va a haber un nivel de movilidad asociado a comercio y que las salidas al parque pueden ser permitidas incluso en períodos de reducción de movilidad. El término multiplicativo resulta de conveniencia para obtener un índice que por lo general varía entre 0 y 100 (puede volverse negativo en algunos momentos, en particular comienzos de marzo 2020 en Uruguay, lo que podría reflejar una mayor movilidad “típica” a inicios de marzo que febrero).

En la Figura A2 se muestra la evolución del índice de reducción de movilidad y del P7 para los países incluidos en el análisis. No hay datos disponibles para Cuba y Chipre, por lo que quedan excluidos de los análisis de movilidad. Al analizar los casos particulares de cada país se puede observar nuevamente los niveles altos de reducción asociados a los picos de P7. Casos como Suiza, Finlandia o Noruega que parecen tener un comportamiento diferente se explican en parte por la regionalización de las medidas. En esos casos, fuertes reducciones en movilidad en algunas áreas pueden no reflejarse tanto en el índice agregado a nivel del país que se utiliza en este trabajo. Finlandia y Noruega también tuvieron picos de P7 a niveles bastante bajos (8.58 y 12.7), lo que podría sugerir que a niveles bajos de incidencia la propagación podría controlarse con una reducción moderada de la movilidad.

Búsqueda de medidas restrictivas. Se realizó una búsqueda no sistemática en Google con los términos “[país] covid lockdown”, “[país] covid restrictions”, “[país] covid response wikipedia” con el objetivo de documentar rangos de fechas en los que algunos países incluidos en el análisis tomaron medidas restrictivas severas. Estas medidas incluyen algunas de las siguientes: cierre de bares y restaurantes, cierre de escuelas y universidad, toque de queda nocturno, cancelación de eventos públicos, prohibición de reuniones con aforo superior a 10, entre otras. Se tomaron los períodos de validez de las medidas reportadas en páginas web oficiales de cada país o portales de noticias.

Correlación cruzada entre índice de reducción de movilidad y velocidad de P7.

Es esperable que, al menos cuando el P7 sale de la zona verde, una reducción de movilidad produzca una reducción en la velocidad de P7, o un aumento de la primera produzca un aumento de la segunda. Esto podría verse como una correlación negativa entre estas medidas (con retraso negativo, o sea, que la reducción de movilidad precede a la velocidad en P7). Por otra parte, un aumento en la velocidad de P7 al inicio de una ola podría causar como respuesta un aumento en la reducción de movilidad, lo que produciría una correlación positiva (con retraso positivo, o sea, que la velocidad en P7 precede la reducción en movilidad).

En la Figura A1 puede verse el diagrama de correlación cruzada para los países en cuestión. A diferencias negativas (reducción de movilidad precede velocidad), la correlación

es negativa. A diferencias positivas (velocidad precede reducción de movilidad), la correlación se vuelve positiva a partir de 10 días. En suma, existe una correlación entre la reducción en movilidad y el aumento o disminución de P7, que alcanza un máximo (absoluto) en la diferencia de -13 días.

Figura A1. Correlación cruzada entre índice de reducción de movilidad y velocidad de P7.

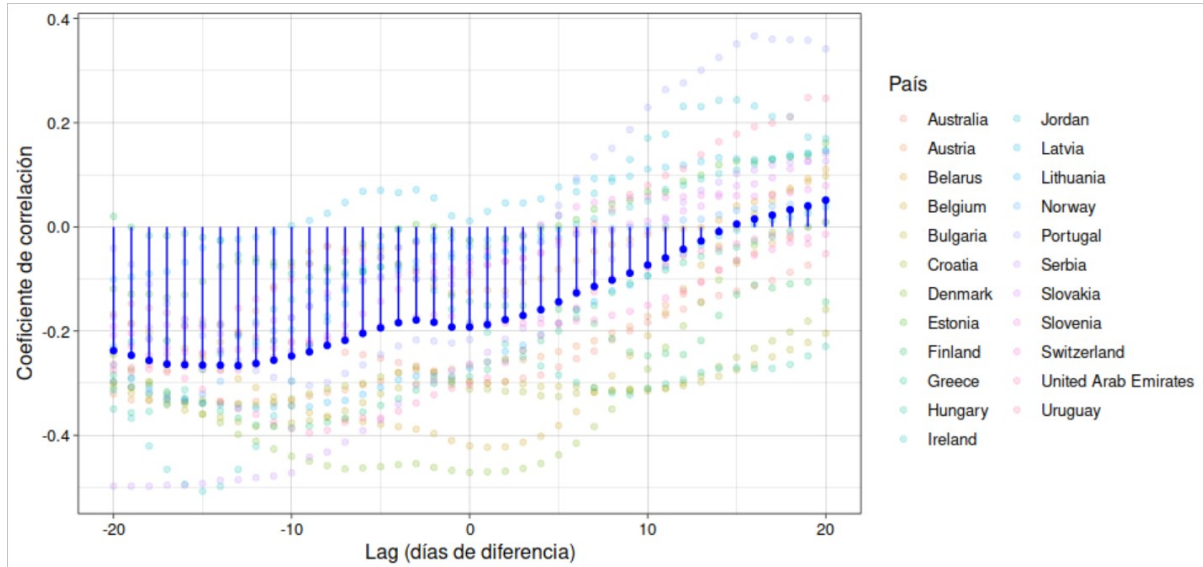


Tabla A2. Resumen de las medidas de restricción de la movilidad aplicadas en los países estudiados después del 1/7/2020 (según datos de Desvars-Larrive 2020 y ACAPS 2020)

Distanciamiento social	Cierre de instituciones educativas	Cierre de actividades presenciales en escuelas primarias y secundarias, cierre de universidades
	Restricciones en reuniones en interiores	Límites en la cantidad personas en reuniones privadas (en entornos de 15)
	Restricciones en reuniones al aire libre	Prohibición de espectáculos públicos y prohibición de eventos deportivos, ambos totales o parciales (topes de aforo en el entorno de 50)
	Medidas en el transporte público	Límite en la cantidad de pasajeros en taxis, buses y trenes
	Medidas para poblaciones específicas	
	Medidas especiales en ciertos establecimientos	Cierre de gimnasios, cierre de bares y restaurants al público en cierto horario o cierre total al público (sólo delivery), cierre de casinos y locales de apuestas, cierre total de clubes y discotecas
Restricciones de movimiento	Restricciones en aeropuertos	Suspensión de vuelos locales e internacionales
	Restricciones en fronteras	Cierre de fronteras internacionales, restricciones en las condiciones de visas, solicitud de documentación probatoria del estado de salud
	Restricción a la movilidad individual	Restricción en el movimiento entre regiones o zonas, prohibición de transitar por la vía pública durante la noche.
	Confinamiento	Confinamiento parcial (sólo en algunas zonas) o total (prohibición de salir del domicilio salvo permiso)

Figura A2. Evolución del P7 (rojo) y el índice de reducción de movilidad (azul) para los países incluidos en el análisis. El valor de P7 está normalizado al valor máximo (pico) de cada país. La línea negra punteada marca el valor 35 del nivel del índice de reducción de movilidad.

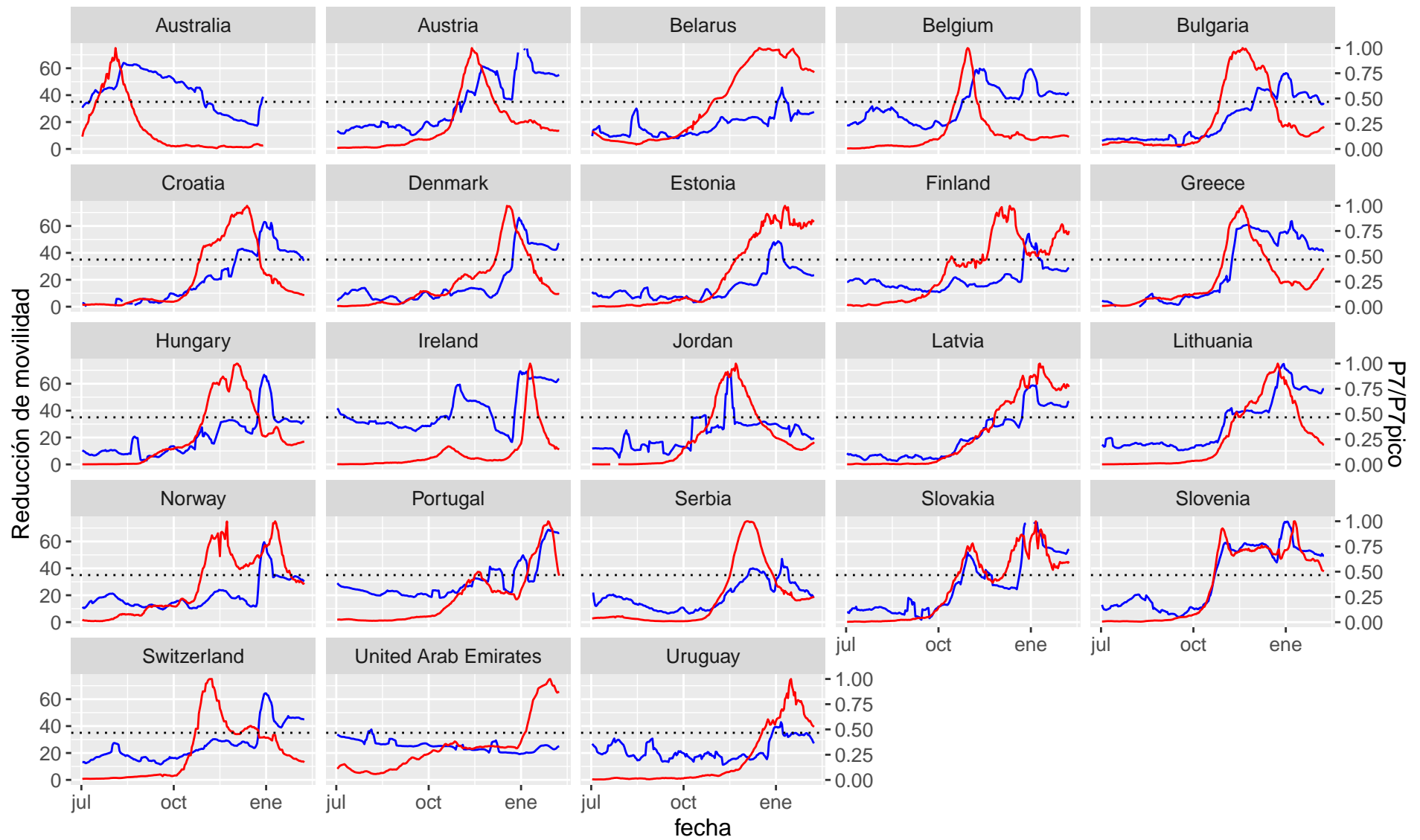
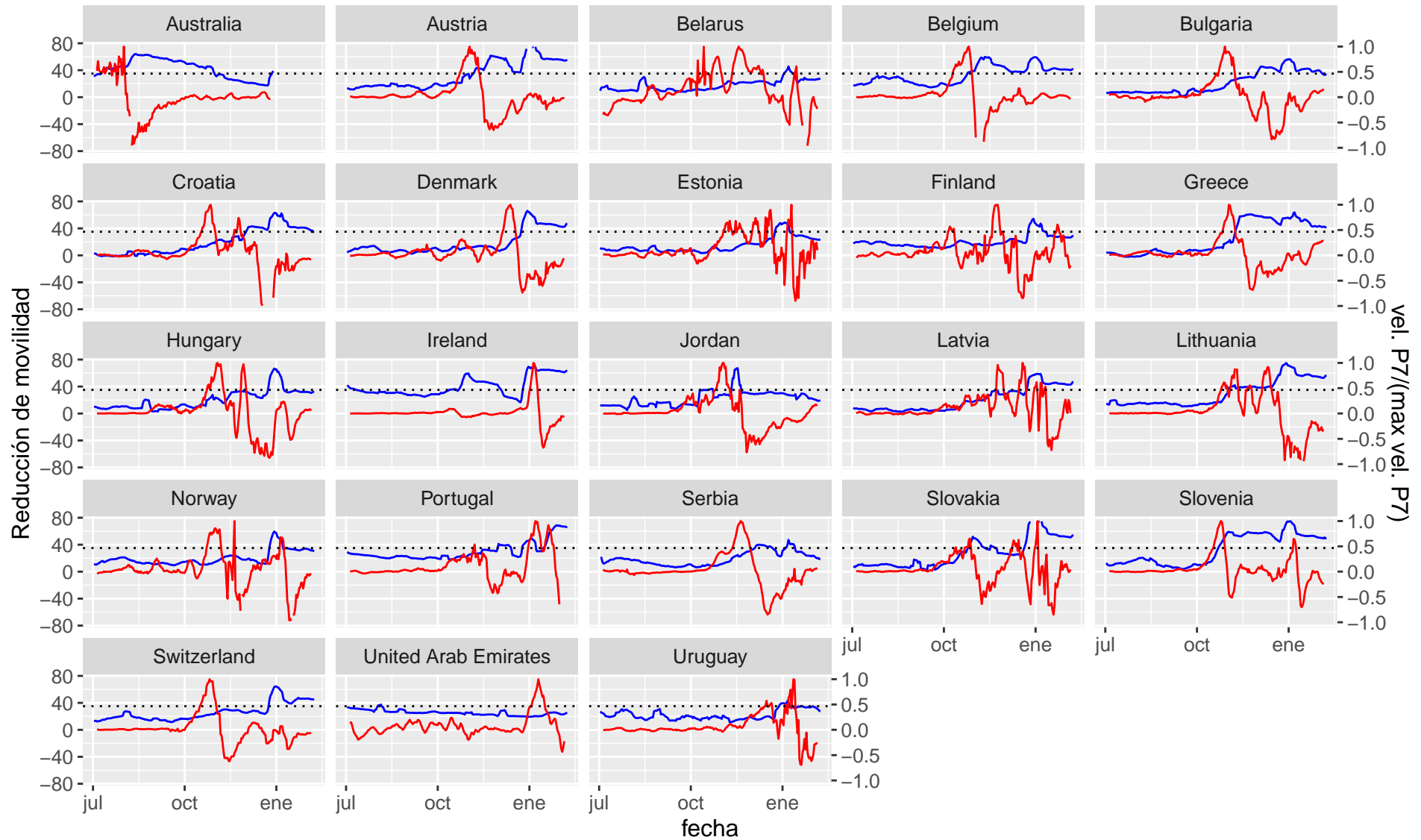


Figura A3. Evolución de la velocidad de P7 (rojo) y el índice de reducción de movilidad (azul) para los países incluidos en el análisis. La velocidad está normalizada al valor máximo alcanzado en cada país y promediada en una ventana de 7 días. La línea negra punteada marca el valor 35 del nivel del índice de restricción de movilidad.



Referencias

- ACAPS, COVID-19 Government Measures Dataset (2020) <https://www.acaps.org/covid-19-government-measures-dataset>
- Alzúa, M. L., & Gosis, P. (2020). Impacto Social y Económico de la COVID-19 y Opciones de Políticas en Argentina. #COVID19 | *SERIE DE DOCUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA*. PNUD LAC C19 PDS N° 6.
- Arim, M., Herrera-Esposito, D., Bermolen, P., Cabana, A., Fariello, M. I., Lima, M., & Romero, H. (2020). Containment to outbreak tipping points in COVID-19. medRxiv.
- Bermolen, P., Herrera, D., Cabana, Á., Fariello, M.I., Arim, M., & Romero, H. (2020) Reporte 9: Dinámicas de COVID-19 a bajos números: estados alternativos y sus implicancias de manejo. Grupo Uruguayo Interdisciplinario de Análisis de Datos COVID-19 (GUIAD-COVID-19). <https://guiad-covid.github.io/publication/nota9/>
- Bönisch, S., Wegscheider, K., Krause, L., Sehner, S., Wiegel, S., Zapf, A., Moser, S., & Becher, H. (2020). Effects of Coronavirus Disease (COVID-19) Related Contact Restrictions in Germany, March to May 2020, on the Mobility and Relation to Infection Patterns. *Frontiers in Public Health*, 8, 568287.
- Brauner, J. M., Mindermann, S., Sharma, M., Johnston, D., Salvatier, J., Gavenčiak, T., ... & Kulveit, J. (2020). Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science*.10.1126/science.abd9338
- Chang, S., Pierson, E., Koh, P. W., Gerardin, J., Redbird, B., Grusky, D., & Leskovec, J. (2020). Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. *Nature*, 1-6.
- Desvars-Larrive A., Ahne V., Álvarez F.S., Bartoszek M., Berishaj D., Bulska D., Chakraborty A., Chen J., Chen X., Cserjan D., Dervic A., Dervic E., Di Natale A., Ferreira M.R., Flores Tames E., Garcia D., Garncarek Z., Gliga D.S., Gooriah L., Grzymała-Moszczyńska J., Jurczak A., Haberfellner S., Hadziavdic L., Haug N., Holder S., Korbel J., Lasser J., Lederhilger D., Niederkrotenthaler T., Pacheco A., Pocasangre-Orellana X.M., Reddish J., Reisch V., Roux A., Sorger J., Stangl J., Stoeger L., Takriti H., Ten A., Vierlinger R., Thurner S. CCCSL: Complexity Science Hub Covid-19 Control Strategies List (2020). Version 2.0. <https://github.com/amel-github/covid19-interventionmeasures>
- Dong, E., Du, H., & Gardner, L. (2020). An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet infectious diseases*, 20(5), 533-534.
- Google (2020) Google COVID-19 Community Mobility Reports, Google. <https://www.google.com/covid19/mobility/>.
- Harvard Global Health Institute and the Edmond J. Safra Center for Ethics. (2020). Key Metrics for COVID Suppression A Framework for policy makers and the public. Harvard Global Health Institute and the Edmond J. Safra Center for Ethics. https://ethics.harvard.edu/files/center-for-ethics/files/key_metrics_and_indicators_v4.pdf
- Haug, N., Geyrhofer, L., Londei, A., Dervic, E., Desvars-Larrive, A., Loreto, V., Pinior, B., Thurner, S., & Klimek, P. (2020). Ranking the effectiveness of worldwide COVID-19 government interventions. *Nature Human Behaviour*, 4(12), 1303–1312.
- Herrera, D., Bermolen, P., Fariello, M.I. (2020) Estimación del porcentaje de reporte de casos de COVID-19 en Uruguay. Grupo Uruguayo Interdisciplinario de Análisis de Datos COVID-19 (GUIAD-COVID-19). <https://guiad-covid.github.io/publication/nota3>
- Jain, V., Baker, P., Mehndiratta, A., & Chalkidou, K. (2020) Using COVID-19 Test, Trace,

- and Isolate Systems Effectively in Middle-Income Countries. *Center for Global Development*. <https://www.cgdev.org/publication/using-covid-19-test-trace-and-isolate-systems-effectively-middle-income-countries>
- Maier, B. F., & Brockmann, D. (2020). Effective containment explains subexponential growth in recent confirmed COVID-19 cases in China. *Science*, 368(6492), 742-746.
- OWID, 2020. Coronavirus Pandemic (COVID-19) - Statistics and Research. <https://ourworldindata.org/>
- Moreno, P., Moratorio, G. A., Iraola, G., Fajardo, A., Aldunate, F., Pereira, M., ... & Interinstitutional COVID-19 Working Group. (2020). An effective COVID-19 response in South America: the uruguayan conundrum. *MedRxiv*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.07.24.20161802v1?rss=1>
- Peláez, M., Fiori, M., Bermolen, P., Bello, G., Arim, M., Fariello, M.I., Leon, J.R., Wschebor, N. (2020). Reporte 7: El efecto de la movilidad en la propagación de la epidemia de COVID-19 en Uruguay. Grupo Uruguayo Interdisciplinario de Análisis de Datos COVID-19 (GUIAD-COVID-19). <https://guiad-covid.github.io/publication/nota7/>
- Polischuk, L., & Fay, D. L. (2020). Administrative Response to Consequences of COVID-19 Emergency Responses: Observations and Implications From Gender-Based Violence in Argentina. *The American Review of Public Administration*, 50(6-7), 675-684.
- Russell, T. W. et al. Using a delay-adjusted case fatality ratio to estimate under-reporting. CMMID repository. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.07.07.20148460v1>
- Schlosser, F., Maier, B. F., Jack, O., Hinrichs, D., Zachariae, A., & Brockmann, D. (2020). COVID-19 lockdown induces disease-mitigating structural changes in mobility networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(52), 32883-32890.
- Soltész, K., Gustafsson, F., Timpka, T., Jaldén, J., Jidling, C., Heimerson, A., ... & Bernhardsson, B. (2020). The effect of interventions on COVID-19. *Nature*, 588(7839), E26-E28.
- Sulyok, M., & Walker, M. (2020). Community movement and COVID-19: a global study using Google's Community Mobility Reports. *Epidemiology & Infection*, 148.
- Thomas, H., Angrist, N., Cameron-Blake, E., Hallas, L., Kira, B., Majumdar, S., Petherick, A., Phillips, T., Tatlow, H., Webster, S. (2020). Oxford COVID-19 Government Response Tracker, Blavatnik School of Government. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/coronavirus-government-response-tracker>
- Walker, P. G. T., Whittaker, C., Watson, O. J., Baguelin, M., Winskill, P., Hamlet, A., Djafaara, B. A., Cucunubá, Z., Olivera Mesa, D., Green, W., Thompson, H., Nayagam, S., Ainslie, K. E. C., Bhatia, S., Bhatt, S., Boonyasiri, A., Boyd, O., Brazeau, N. F., Cattarino, L., ... Ghani, A. C. (2020). The impact of COVID-19 and strategies for mitigation and suppression in low- and middle-income countries. *Science*, 369(6502), 413-422.
- Wang, H., & Yamamoto, N. (2020). Using a partial differential equation with Google Mobility data to predict COVID-19 in Arizona. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(5), 4891-4904.
- Zhu, D., Mishra, S. R., Han, X., & Santo, K. (2020). Social distancing in Latin America during the COVID-19 pandemic: an analysis using the Stringency Index and Google Community Mobility Reports. *Journal of travel medicine*, 27(8)..