

# Monitoreo en Tiempo Real del COVID-19 en Bolivia \*

Carolina Cardona

Johns Hopkins University, SEBOL

Pablo Cuba-Borda

Federal Reserve Board, SEBOL

Luis Gonzales Carrasco

Pontificia Universidad Católica de Chile - ClapesUC, SEBOL

Primera versión: Agosto de 2020

Actualizaciones: [cov19bolivia.github.io](https://cov19bolivia.github.io)

## Resumen

Este documento presenta tres herramientas de monitoreo en tiempo real de la pandemia del COVID-19 con datos públicos disponibles en Bolivia. Usamos modelos que son fáciles de replicar y adaptar para encontrar pronósticos de contagios para los departamentos de Bolivia. Nuestros resultados indican que, de mantenerse las condiciones actuales, se espera un total nacional de aproximadamente 200 mil contagios confirmados a inicios de septiembre. Sin embargo, debido a la baja capacidad de diagnóstico, esta estimación subestima el verdadero número de contagios que fácilmente podría alcanzar 1 millón. Además contribuimos con aportes de políticas públicas en el corto y mediano plazo. La principal recomendación es la urgente necesidad de reporte, generación y difusión de datos. Esta inversión no solo ayudará a controlar la pandemia, sino también guiar la re-activación de la actividad económica con el cuidado vital de la ciudadanía.

---

\*Contacto: C Cardona: Johns Hopkins University, Bloomberg School of Public Health. Email: ccardon4@jhu.edu. P Cuba-Borda: Division of International Finance, Federal Reserve Board, 20th Street & Constitution Ave., NW, Washington, DC 20551. Email: pablo.a.cubaborda@frb.gov. L Gonzales Carrasco: Centro Latino Americano de Políticas Económicas y Sociales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Email: lwgonzal@uc.cl. Agradecemos los comentarios de Dafne Mendoza, la colaboración y acceso a datos de Martin Ruegenberg y Jaime Quiroga. Disclaimer: The views expressed in this article are solely the responsibility of the authors and should not be interpreted as reflecting the views of the Board of Governors of the Federal Reserve System or of anyone else associated with the Federal Reserve System.

## 1. INTRODUCCIÓN

El virus SARS-COV<sub>2</sub> (COVID-19) está provocando la epidemia global más grande en los últimos 100 años. Esta pandemia es solo comparable con la influenza causada por el virus H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> en 1918<sup>1</sup>. En el plano económico, está generando la recesión más profunda de la que se tenga registro, con un costo social y humanitario significativo en el corto plazo y con consecuencias cada día más inciertas en el mediano y largo plazo. La velocidad de esparcimiento del virus, da cuenta del nivel de interconexión de las economías que en menos de una semana vieron como la enfermedad pasó primero de China a Europa y luego a Estados Unidos, y ahora todo indica que sus efectos están golpeado severamente a Latino América. En esta realidad, Bolivia se perfila como uno de los países más vulnerables.

En este panorama, este documento busca fortalecer el puente entre la academia y las políticas públicas en Bolivia, mediante un diagnóstico a nivel departamental, la comparación con la experiencia internacional y la presentación de herramientas estadísticas para el monitoreo de la epidemia. En particular, creemos que las herramientas de monitoreo epidemiológico son vitales para el diseño y la discusión de las políticas públicas en base a teoría, evidencia y seguimiento de datos para controlar la epidemia. Esperamos que nuestro aporte, sea una invitación a la comunidad científica boliviana, autoridades y sociedad civil a utilizar herramientas cuantitativas y que las autoridades de salud en los diferentes niveles de gobierno noten la importancia de producir información granular a alta frecuencia para alimentar este tipo de modelos.

La experiencia internacional de países con diversas características que continúan luchando contra la epidemia nos enseña que no hay una estrategia de respuesta única ni inmediata. Medidas de distanciamiento físico y cuarentena, tanto voluntarias y obligatorias, necesitan ser combinadas con incrementos sustanciales en la capacidad de diagnóstico generalizado y monitoreo constante. Asimismo, experiencias de otros países muestran que las medidas de aislamiento obligatorio son más exitosas cuando van acompañadas de un paquete de estímulo económico que permite sobrellevar el costo económico de la cuarentena a grupos vulnerables, los cuáles han sido afectados por la pandemia de manera desproporcionada (Shadmi et al., 2020). En Israel, el 97 % de la población declaró estar dispuesta a cumplir con la cuarentena siempre y cuando exista algún tipo de compensación a cambio, el cumplimiento reduce a 54 % cuando la compensación es removida (Bodas and Peleg, 2020). Bolivia, como muchos países en vías de desarrollo, registra un alto porcentaje

---

<sup>1</sup>Gripe de origen aviar y con la mortalidad más alta en la historia reciente, con 500 millones de infectados y 40 millones de muertes en solo un año

de trabajadores informales, en torno al 70 %, cuyos ingresos dependen del trabajo diario. La encuesta de hogares de 2018 revela que cerca de dos tercios de los jefes de hogares del cuartil más pobre no cuentan con un trabajo asalariado, esta cifra se reduce a 45 % para los hogares del cuartil más rico (Muriel, 2020). Medidas como las cuarentenas resultaran poco beneficiosas en términos de control de la epidemia si no existe la capacidad de diagnosticar y aislar a pacientes con COVID-19 de forma efectiva. Si bien el rastreo de contactos ha sido una intervención exitosa en el control del ébola en 2014 y en la erradicación de la viruela; esta intervención no habría funcionado sin el aislamiento de pacientes infectados (Kwok et al., 2019; Swanson et al., 2018; Saurabh and Prateek, 2017).

Por otra parte, dada la magnitud de contagios actuales, es posible que el incremento en la capacidad de diagnóstico tampoco sea suficiente por sí sola y se necesite de cuarentenas recurrentes para poder reducir la transmisión del virus de manera efectiva. En este sentido, tanto los gobiernos locales como el gobierno central, deben pensar en estrategias que garanticen a la población el distanciamiento físico. Según el INE (2019), Aproximadamente tres de cada diez hogares en Bolivia tienen un nivel de hacinamiento alto, la clasificación alta es dada a aquellos hogares en los que un dormitorio es compartido por más de tres personas.

En este trabajo usamos tres herramientas de monitoreo sobre la dinámica de la epidemia de COVID-19 en Bolivia. La primera herramienta está basada en el *número de reproducción efectivo*,  $R_t$ , un indicador sobre el estado de expansión de la epidemia usando información de incidencia de nuevos casos diarios (Cori, Ferguson, Fraser and Cauchemez, 2013; Abbott et al., 2020). La segunda herramienta aprovecha las estimaciones de  $R_t$  para generar pronósticos de nuevos casos diarios por departamento. La tercera herramienta utiliza series de tiempo y paneles heterogéneos que combinan la información de cientos de países para informar la evolución de la prevalencia de infecciones activas en Bolivia (Liu, Moon and Schorfheide, 2020). La ventaja de estas herramientas de monitoreo es que no requieren especificar modelos epidemiológicos estructurales, ni modelar la interacción entre las decisiones económicas de los agentes y sus efectos sobre la transmisión de la epidemia (Eichenbaum, Rebelo and Trabandt, 2020; Atkeson, Kopecky and Zha, 2020; Berger, Herkenhoff and Mongey, 2020; Fernández-Villaverde and Jones, 2020). Si bien los modelos estructurales son útiles para la evaluación de políticas de control y el diseño de escenarios, nuestro objetivo principal es ilustrar herramientas de pronóstico que pueden ser fácilmente implementadas en tiempo real y a nivel sub-nacional. Sin embargo, debido a la falta de información con mayor desagregación, restringimos nuestro análisis a nivel departamental, pero esperamos que esto permita mostrar el potencial de estas herramientas

para el monitoreo en otros niveles como municipios o distritos municipales.

Nuestros principales resultados se resumen en las siguientes observaciones:

**1) Pese a una larga cuarentena nacional y cuarentenas focalizadas recurrentes, la curva de contagio en los departamentos de Bolivia continua en expansión.** La respuesta inicial frente a los primeros casos fue relativamente rápida procediendo a un aislamiento generalizado de la población a tan solo 12 días del primer caso confirmado de COVID-19. Esta respuesta permitió mantener el número de contagios en niveles moderados en los departamentos inicialmente afectados y en retrasar el despegue de las curvas epidémicas en otros departamentos. Sin embargo, el costo económico de estas medidas ha sido extremadamente alto y se refleja en una caída del producto interno bruto (PIB) de 22,43 % al mes de abril. Asimismo, el contagio resurgió una vez levantadas las medidas nacionales y esto ha resultado en un avance de la epidemia. Esto no debe interpretarse como falta de efectividad de las cuarentenas, sino refleja la naturaleza de medidas costosas y difíciles de implementar por periodos prolongados y que requiere de acciones complementarias, incluyendo el diagnóstico, monitoreo de casos, y aislamiento.

**2) La capacidad de diagnóstico en Bolivia es limitada y el reporte de nuevos casos y muertes asociadas por COVID-19 es deficiente.** La ausencia de variables actualizadas, así como la falta de información granular y rezagos de actualización dificultan el monitoreo epidemiológico. Los reportes diarios existentes sufren de retrasos severos y algunos departamentos no tienen la capacidad de verificar casos ni muertes asociadas a la enfermedad. Existe poca organización y comunicación de información granular sobre la capacidad de respuesta frente al virus. Ejemplo de ello son la ausencia de indicadores importantes como tasas de positividad, número de pruebas realizadas, tiempos de diagnóstico y distribución de resultados a nivel departamental y municipal. También resalta la ausencia de información actualizada del número de camas en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), así como el número de respiradores disponibles en los establecimientos de salud.

**3) Comparado con otros países que han logrado contener la epidemia, Bolivia muestra uno de los indicadores más bajos en términos de capacidad de diagnóstico y esto se refleja en una de las tasas de positividad más elevadas de la región.** La proporción de infecciones confirmadas con relación al número total de pruebas realizadas se encuentra actualmente por encima del 60 %. Este valor se encuentra muy lejos del umbral recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que busca alcanzar el 5 % de positividad como métrica de control de la epidemia y de la capacidad de diagnóstico consistente con el retorno a la actividad económica. La estrategia de Bolivia hasta ahora se enfocó en el

uso de cuarentenas, y no ha podido incrementar su capacidad de diagnóstico, quedándose detrás de otros países de la región como Uruguay, Paraguay y Chile. Alcanzar la capacidad de pruebas requeridas para disminuir el avance de la epidemia, implicaría incrementar nuestra capacidad de pruebas de 2.500 por día a 25.000 por día o más. Bolivia se encuentra muy por debajo en la capacidad de testeo comparada con países que tienen un número similar de contagios.

**5) A pesar de las deficiencias en los datos epidemiológicos, es posible utilizar herramientas en tiempo real para monitorear la evolución de los contagios.** Nuestros resultados muestran que el incremento de casos continuará en la mayoría de los departamentos y existe gran incertidumbre sobre el pico de la epidemia, tanto en términos de nuevos contagios como de infecciones activas.

Agregando las estimaciones departamentales obtenidas hasta el 26 de julio, calculamos que en la primera semana de septiembre se alcancen aproximadamente 198.000 casos de COVID-19 a nivel nacional, con un rango de incertidumbre entre 120.000 y 300.000. Este resultado comparado con otras proyecciones generadas a partir de datos agregados, nuestras proyecciones pueden parecer conservadores. Por ejemplo, Gu (2020) pronostica en el sitio web <https://covid19-projections.com/bolivia> que al primero de septiembre, Bolivia alcanzaría entre 660.000 y 2.300.000 contagios. El pronóstico de Gu (2020) usa un modelo epidemiológico que asume que en Bolivia se estarían realizando 10 pruebas de diagnóstico a los contactos de cada caso confirmado y utiliza esa información para calcular el total de infecciones. Como mostramos en este documento, Bolivia está muy lejos de alcanzar esta capacidad de diagnóstico, por lo cual es razonable pensar que nuestras estimaciones subestimen la verdadera extensión del contagio. Tomando los resultados de Havers et al. (2020), que señala que es posible que existan entre 6 a 24 casos no detectados por cada caso confirmado, nuestra estimación más optimista sugiere que en ausencia de medidas de control adicionales, se alcanzará 1.200.000 casos con un rango de incertidumbre entre 700.000 a 1.800.000, de los cuales la mayoría no podrá ser detectado por la falta de capacidad de diagnóstico.

Finalmente, ofrecemos una propuesta centrada en dos grupos de acción. El primero enfocado en la gestión administrativa del monitoreo y la evolución de la pandemia que busca principalmente mejorar el reporte y la información epidemiológica a nivel departamental para generar información granular por municipio. El segundo, en base a la información disponible, nuestra contribución específica es sentar las bases para un monitoreo de proyecciones que será actualizado constantemente y alojado en la página <https://cov19bolivia.github.io>.

## 2. LA EPIDEMIA EN BOLIVIA

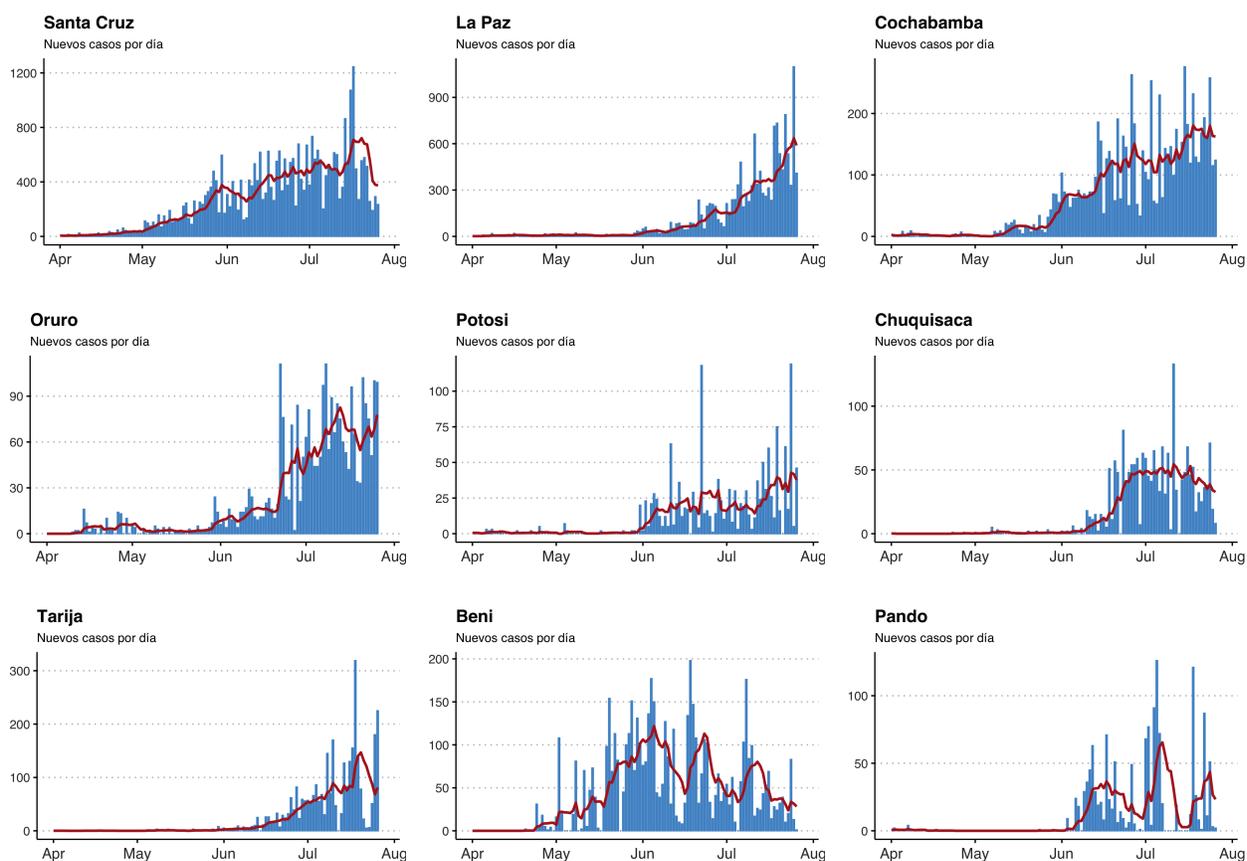
La pandemia del COVID-19 lleva más de 140 días desde el primer caso en Bolivia, superando los 60.000 infectados a nivel nacional, con un promedio semanal superior a los 1.000 casos diarios. De este total, se registran más de 2.400 muertes y existen más de 20.000 recuperados. Esta dinámica es significativamente alta en relación con otros países comparándolos por la fecha de arribo de los casos y con similares políticas de aislamiento social como se observará en la siguiente sección.

La cronología de los hechos está marcada por fechas importantes que dan cuenta de la efectividad o deficiencia de las medidas. El *10 de Marzo* arriba el coronavirus en Bolivia con dos casos, uno en Santa Cruz y el otro en Oruro, ambos importados de Italia. La respuesta es una sucesión de medidas de distanciamiento social que parten el *16 de Marzo* en la ciudad de Oruro, cuando se decreta una cuarentena total indefinida, hecho en permanente revisión por las autoridades. Al día siguiente, Bolivia entra en cuarentena parcial reduciendo los horarios de trabajo junto a otras medidas que se intensifican hasta llegar a una cuarentena estricta a nivel nacional el *22 de Marzo*, cuya duración inicial era de 14 días.

Al momento de determinar la cuarentena nacional, se registraban 19 contagios sin muertes. En perspectiva, la respuesta de mitigación fue rápida y brindó la oportunidad de enfrentar una curva de contagio en su fase inicial. La figura 1, muestra que en las tres semanas iniciales de la cuarentena, los contagios diarios estaban concentrados en cuatro departamentos (Beni, Cochabamba, La Paz y Santa Cruz) mientras que el resto de los departamentos recién experimentan incrementos en los casos positivos desde finales de junio

Sin embargo, al momento de evaluar la expansión de la pandemia, los contagios daban muestras de persistente crecimiento en el departamento de Santa Cruz, hecho que provoca el encapsulamiento de la ciudad de Montero el *9 de abril*. Este acontecimiento permitía avizorar la primera extensión de la cuarentena total, materializándose un par de días después. Como consecuencia, se extendió el periodo de aislamiento hasta el 30 de abril a nivel nacional. En tal fecha, los casos ya llegaban a 1.167 y también se observa el incremento en la velocidad de contagios en el departamento del Beni. En este punto, los cuatro departamentos reportaban alrededor de 100 nuevos casos por día, lo que instó a que las autoridades nacionales extiendan la cuarentena hasta el *10 de mayo* y posteriormente hasta el *30 de mayo*.

**Figura 1: Evolución de los casos diarios por departamento**



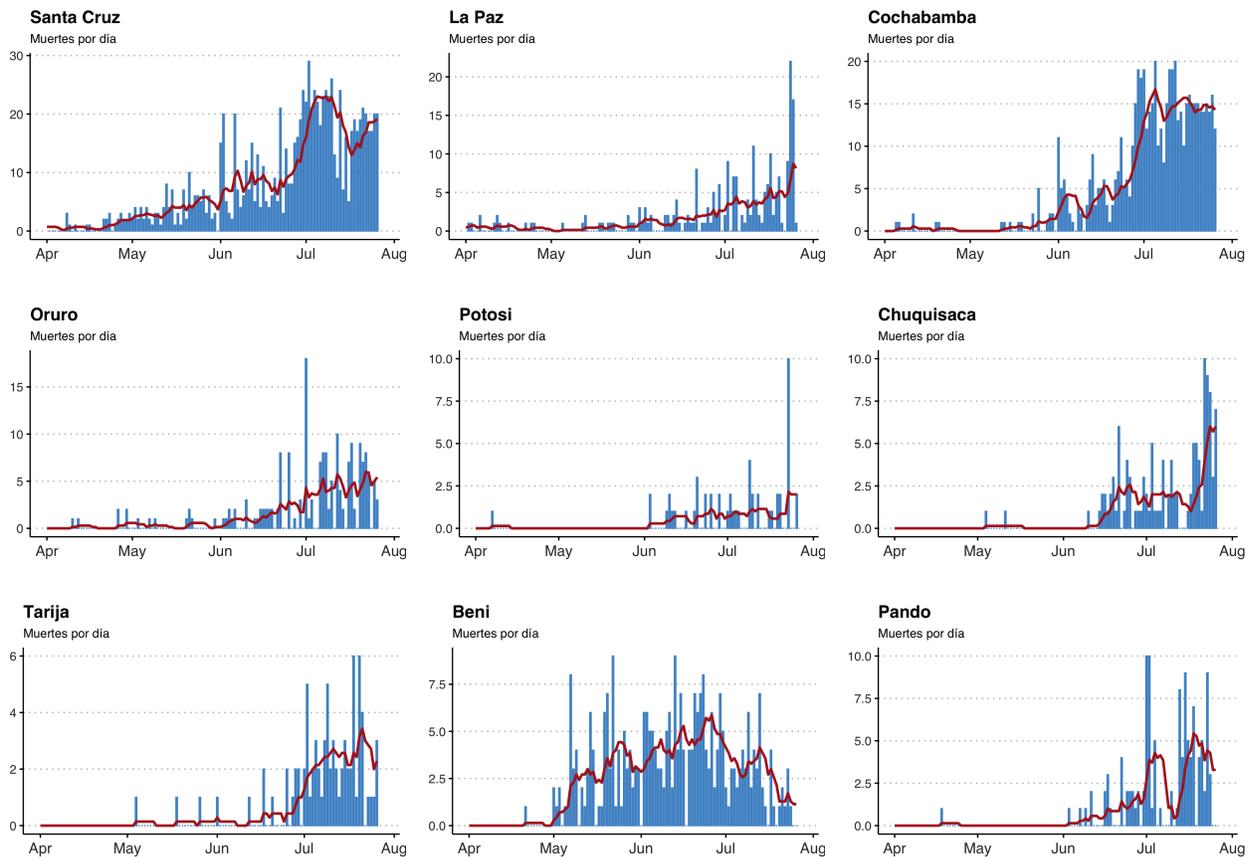
Las barras verticales corresponden al número de casos oficiales de COVID-19 por fecha de reporte. Las líneas de color rojo representan el promedio móvil de casos en una ventana deslizante de 7 días. El eje vertical se ajusta a cada departamento. La información de casos diarios por departamento proviene del portal <https://www.covid19bo.com> que recopila información del Ministerio de Salud de Bolivia y de <https://www.boliviasegura.gob.bo>. La última observación corresponde al 26/07/2020

## 2.1. Calidad de los reportes

La información sobre muertes registradas es tanto o más volátil que la información de nuevas infecciones. La figura 2 muestra que el incremento en el número de muertes diarias se aceleró luego del final de la cuarentena nacional en los cuatro departamentos más afectados inicialmente (Beni, Cochabamba, La Paz y Santa Cruz) mientras que, contrariamente a lo esperado, con más de 100 días de cuarentena en diferentes grados a finales de julio se observa el crecimiento de muertes en los restante cinco departamentos. A lo largo del periodo de análisis se observa que existen días en los que se reportan un número reducido de muertes y otros en los que el número de muertes reportadas por día es sustancialmente mayor. Los ejemplos más llamativos de esta volatilidad son los departamentos de Beni y Pando que pareciera que acumulan el reporte de las muertes por día por el comportamiento

de sus estadísticas de fatalidad diaria.

**Figura 2: Evolución de las muertes diarias por departamento**



Las barras verticales corresponden al número de muertes confirmadas por COVID-19 según la fecha de deceso. Las líneas de color rojo representan el promedio móvil de muertes en una ventana deslizante de 7 días. El eje vertical se ajusta a cada departamento. La información de muertes diarias por departamento proviene del portal <https://www.covid19bo.com> que recopila información del Ministerio de Salud de Bolivia y de <https://www.boliviasegura.gob.bo>.

Si bien es normal observar volatilidad en el indicador de muertes diarias debido a la evolución de los casos severos de COVID-19, la volatilidad de la información observada en todos los departamentos sugiere que hay dificultades en el registro, confirmación y reporte de muertes asociadas a COVID-19. Al analizar los promedios móviles semanales, la figura 2 muestra varios periodos en los que el número de muertes por día parece alcanzar un máximo, seguido por una reducción temporal de este indicador para luego reiniciar su ascenso. Es muy probable que estas fluctuaciones se deban a falta de capacidad de pruebas forzando a que la confirmación de los casos de COVID-19 se este realizando *post-mortem*.

La volatilidad y repetidos cambios de tendencia en los indicadores de muertes departamentales puede dar señales erróneas sobre la severidad de la epidemia. Más aún cuando

las políticas públicas de mitigación y contención se diseñan alrededor de indicadores de fatalidad. Se han desarrollado esfuerzos para identificar las vulnerabilidades de los departamentos y la identificación de los municipios más expuestos en base a tres dimensiones: 1) riesgo de propagación, 2) situación subyacente de salud y, 3) capacidad de respuesta con datos recolectados en encuestas o censos como se observa en el documento de [Acuña, Andersen and Gonzales C. \(2020\)](#). Asimismo, el Ministerio de Salud ha desarrollado un índice de riesgo municipal COVID-19 que clasifica a los municipios en tres niveles de riesgo—alto, medio y moderado ([Ministerio de Salud de Bolivia, 2020](#)). Este índice incluye características demográficas y epidemiológicas propias del COVID-19. Sin embargo, no incluye características del sistema de salud ni de la oferta sanitaria, limitando la aplicación del índice como medida de control de la epidemia. Como señala [Harris \(2020\)](#), el manejo de la epidemia requiere información en tiempo real tanto de la capacidad como de la demanda sobre los recursos hospitalarios. Por ejemplo, un caso fatal que requirió tratamiento en la unidad de cuidados intensivos (UCI) habrá consumido más recursos en los días cercanos a su deceso, que cuando inicia su hospitalización. Rezagos y fallas en la recolección de información de muertes distorsionan las verdaderas presiones sobre el sistema de salud.

## 2.2. El Sistema de Salud y Epidemias Pasadas

La respuesta y capacidad de los sistemas de salud han tenido un rol fundamental en el control del COVID-19, tanto en reducir la tasa de incidencia como en la disminución de la mortalidad de la enfermedad ([Scarpetta, 2020](#); [Gai and Tobe, 2020](#)). La capacidad del sistema de salud boliviano, previa a la pandemia, era limitada en el país. El gasto promedio en salud era de 220 US\$ por persona en 2016, debajo del promedio regional de Latinoamérica y el Caribe, 685 US\$ ([The World Bank, 2020](#)).

El Ministerio de Salud estima que Bolivia cuenta con 3.983 establecimientos de salud que sirven a 11,6 millones de personas, de los cuales el 92 % son establecimientos de primer nivel de atención y el restante 8 % son establecimientos hospitalarios ([INE, 2020b](#)). Un poco más de la mitad de la oferta sanitaria (53,4 %) se encuentra concentrada en los departamentos de La Paz, Santa Cruz, y Cochabamba, los cuales acogen al 71 % de la población boliviana. A nivel nacional el país registraba en 2018 una capacidad de camas hospitalarias de 1,9 camas por 1.000 habitantes, Chuquisaca y Santa Cruz registran la mayor capacidad, 3,6 y 2,0, respectivamente ([INE, 2020a](#)). Si bien el número de unidades de terapia intensiva (UTI) no está disponible al público en el Sistema de Registro Único de Establecimientos de Salud (RUES), sabemos que en 2019 el país contaba con 238 hospitales básicos, 47 hospitales

generales, y 32 institutos especializados en todo el territorio nacional, los cuales son los únicos establecimientos que podrían contar con UTIs y respiradores. Estos establecimientos contaban en promedio con 1,3 camas por 1.000 habitantes.

En el sistema de salud boliviano existen dos grandes sectores, el sector público y el sector privado (Ledo, 2011). El sector privado ofrece servicios para un porcentaje reducido de la población, y su funcionamiento se basa principalmente en pagos directos de bolsillo o seguros privados. Está compuesto por proveedores de servicios con fines de lucro, y sin fines de lucro (Iglesia y ONGs), y también incluye a la medicina tradicional.

El sector público está compuesto por dos subsectores, el subsector público y el subsector de seguridad social. En el subsector de seguridad social se encuentran el seguro social obligatorio de corto plazo, que incluye a las cajas de seguros de salud y a los seguros universitarios, coordinados por la Autoridad de Supervisión de la Seguridad Social de Corto Plazo (ASUSS). El Instituto Nacional de Estadística (INE), estima que en 2016 la seguridad social a corto plazo cubría el 38,2 % de la población boliviana, con un rango de 22,8 % en el departamento de Pando a 47,8 % en el departamento de La Paz. El subsector de seguridad social es financiado en base a las cotizaciones y primas de los trabajadores y empleadores del sector formal de la economía. El personal y la infraestructura del sector de seguridad social son distintos a los del subsector público. Una parte importante de la población es atendida en el subsector público, incluyendo entre otros a los beneficiarios del Seguro Universal Materno Infantil (SUMI) y el Sistema Universal de Salud (SUS). El SUS fue creado el año 2019 con el objetivo de atender a toda la población sin seguro de salud; no obstante, hasta abril de 2019 el SUS había registrado a 2,4 millones de usuarios (Ministerio de Salud de Bolivia, 2019) y datos de la encuesta de hogares de 2019 estiman que el 33,7 % de la población no cuenta con ningún tipo de seguro de salud (INE, 2019). El subsector público se financia principalmente con fondos públicos asignados a los municipios, y calculados en términos per cápita. El subsector público cuenta con su propia infraestructura.

Los gobiernos autónomos departamentales, municipales e indígena originario campesino tienen diferentes competencias en el sistema de salud boliviano. La ley de autonomías y descentralización "Andrés Ibañez" (2010) designa a los gobiernos indígena originario campesino como responsables del resguardo de los conocimientos y productos de la medicina tradicional; mientras que la provisión y mantenimiento de infraestructura, equipos, e insumos, y la asignación de recursos humanos está distribuida entre los gobiernos autónomos departamentales y municipales.

La provisión y mantenimiento de infraestructura pública, así como la dotación de servi-

cios básicos, equipos, mobiliarios, medicamentos, y demás insumos en los establecimientos de primer y segundo nivel de atención son de responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales; mientras que para el tercer y cuarto nivel de atención los gobiernos departamentales son los responsables de dichas funciones ([Estado Plurinacional de Bolivia, 2010](#)). La contratación de recursos humanos está a cargo de los gobiernos departamentales a través de los Servicios Departamentales de Salud (SEDES), no obstante, el SEDES depende del Ministerio de Salud. Los gobiernos autónomos municipales pueden realizar contrataciones de recursos humanos en sus niveles de competencia bajo la figura de consultores de línea y por producto, aunque en la práctica su participación es baja dados sus limitados recursos. Adicionalmente, la Agencia de Infraestructura en Salud y Equipamiento Médico (AISEM) fue creada en 2017 con el objetivo de ejecutar programas y proyectos de establecimientos de salud hospitalarios y de institutos de cuarto nivel de salud, en el marco de las competencias otorgadas al Ministerio de Salud ([Estado Plurinacional de Bolivia, 2017](#)).

A principios de este año, el país atravesaba uno de los peores brotes de dengue que coincidió con la llegada del COVID-19 ([Tudela C., 2020](#)). Bolivia había registrado el mayor brote de dengue en 2009 con 84.047 casos ([Ministerio de Salud de Bolivia, 2010](#)), este número será superado en 2020 dado que a fines de mayo el país ya registraba 82.793 casos ([PAHO, 2020](#)). La tasa de incidencia del país por dengue es la mayor en la región de las Américas, 738,2 casos por 100.000 habitantes. Es frecuente que pacientes con sospecha de dengue y dengue severo puedan requerir internación en hospitales de tercer nivel, causando saturación del sistema de salud ([Ministerio de Salud de Bolivia, 2010](#)). Las áreas endémicas están ubicadas en ciudades grandes de los departamentos de Santa Cruz, Bani, Pando, y el norte de La Paz. Santa Cruz es la región más afectada por el dengue, quien declaró emergencia sanitaria junto al Ministerio de Salud a principios de este año. El gobierno departamental de Santa Cruz, de la mano del SEDES, y de juntas vecinales estaban combatiendo el brote a través de jornadas de fumigación y campañas de concientización para evitar la propagación de mosquitos; no obstante, estos esfuerzos se vieron limitados con la llegada del COVID-19.

En este contexto, Bolivia, y especialmente el departamento de Santa Cruz, entró a combatir la pandemia en desventaja con un sistema de salud débil y una doble carga de enfermedades no transmisibles e infecciosas. Asimismo, la complejidad administrativa del sistema de salud dificulta la coordinación a través de los diferentes niveles de gobierno, particularmente cuando se necesita una respuesta rápida que permita expandir las prestaciones y equipamiento para responder a una creciente demanda en busca de atención médica.

### 2.3. Capacidad de Diagnóstico

El análisis anterior muestra las dificultades e incertidumbre al tratar de inferir sobre la capacidad de detección de los casos, el registro y reporte oportuno de las muertes asociadas al COVID-19. Asimismo, evidencia la limitada capacidad del sistema de salud y difícil coordinación a través de los diferentes niveles de gobierno. Una medida importante para revelar la capacidad de diagnóstico de casos es la tasa de positividad, que es el número de casos positivos o infectados en relación del número total de pruebas realizadas. Lo que uno esperaría en el mejor de los casos es que esta tasa baje hasta llegar a cero.

Intuitivamente, si una tasa de positividad es demasiado alta en una unidad geográfica (barrio, municipio o departamento) es un síntoma de que solo se está evaluando a los pacientes más enfermos que buscan atención médica y no está proyectando una red de cobertura lo suficientemente amplia como para saber cuánto se está propagando el virus dentro de sus comunidades. Por el contrario, una tasa baja de positividad en los datos de prueba puede verse como una señal de que un estado tiene suficiente capacidad de efectuar pruebas para el tamaño de su brote y está testeando lo suficiente a su población para tomar decisiones informadas sobre el fin del aislamiento.

Observando la figura 3 encontramos que la tasa de positividad, al contrario de lo deseado, esta aumentando. Partió en torno a 12 % y observando la dinámica de la pandemia lo más probable es que se encuentra prácticamente por encima del 60 %. Esto quiere decir que por cada tres test administrados, dos son positivos. Esta tasa implícitamente nos da cuenta de dos posibilidades, que se testea solo aquellos casos sintomáticos o que existen limitaciones en la capacidad de administración de tests. En las siguientes secciones observaremos este desempeño a la luz de la experiencia internacional.

En la dinámica de la pandemia en Bolivia, las diferencias en la evolución entre departamentos y sus municipios, la calidad de los reportes y la baja capacidad de diagnóstico generan incertidumbre general acompañada de un elevado riesgo de progresión no deseado de la pandemia. Ciertamente no existe una receta única en cuanto al seguimiento de indicadores y políticas para la contención de la pandemia, la importancia del monitoreo continuo es claramente una carencia que se observa en el caso boliviano comparado con la evidencia internacional.

**Figura 3: Tasa de positividad**



La tasa de positividad es la fracción de casos con pruebas PCR-RT positivas con relación al total de pruebas realizadas. La línea roja horizontal es el umbral máximo de este indicador según la OMS. Valores superiores a este umbral implican capacidad de diagnóstico limitada o un elevado número de contagios. Promedios semanales. Fuente: [Our World in Data](#).

## 2.4. Intervenciones No Farmacéuticas

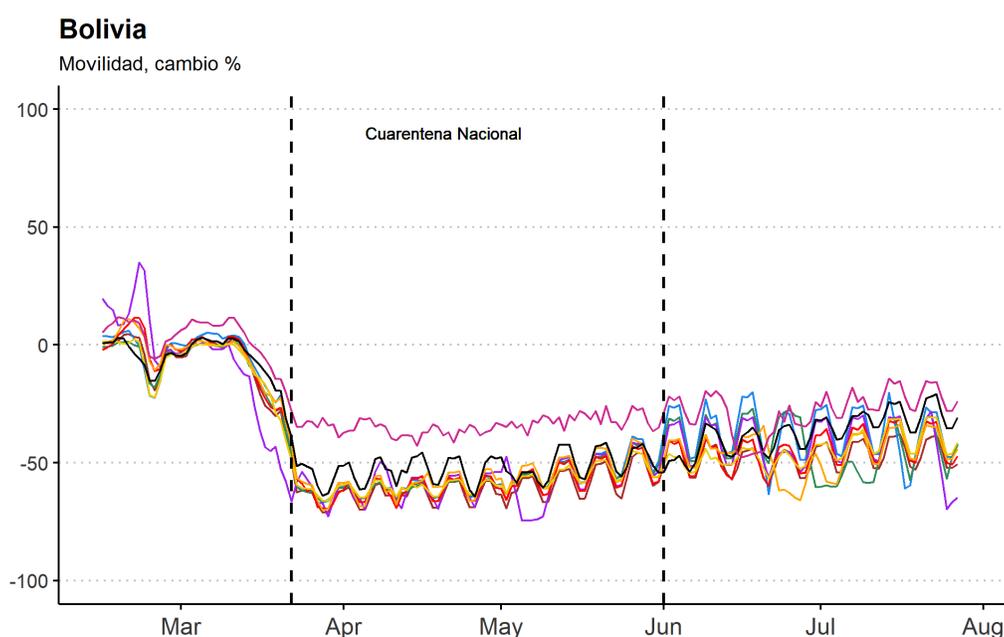
El país estuvo bajo cuarentena rígida durante 69 días, entre el 22 de marzo, y el 30 de mayo, esto es equivalente a decir que la mitad del tiempo que el país lleva combatiendo el COVID-19 fue bajo confinamiento. Como se mencionó en las anteriores secciones, la principal intervención no farmacéutica del gobierno fue la implementación de las cuarentenas estrictas, que posteriormente, por el impacto económico que ocasionaron al país, fueron flexibilizadas y la tuición fue entregada a los gobiernos municipales.

Previa a la cuarentena rígida, el país anunció el 12 de marzo la suspensión de clases en colegios y universidades, así como la suspensión de vuelos procedentes de Europa. La rápida respuesta al cierre de actividades escolares puede que haya contribuido a controlar la propagación del virus durante las primeras semanas de la epidemia. Evidencia de Estados Unidos muestra que los Estados que implementaron el cierre de escuelas en una etapa temprana de la epidemia, tuvieron mayor éxito en contener la enfermedad, que aquellos Estados que demoraron más tiempo ([Auger et al., 2020](#)). El 15 de marzo, los departamentos de Oruro, Potosí, Cochabamba, y Chuquisaca expandieron las medidas para restringir la

movilidad de personas y el 19 de marzo las fronteras del país fueron cerradas, así como la suspensión de vuelos nacionales.

Este conjunto de medidas locales, así como la cuarentena rígida nacional, permitieron reducir la movilidad de las personas en el país. En este estudio, la movilidad es medida como el cambio porcentual diario comparado con un valor de referencia para ese día de la semana. La línea base es el valor medio, para el día correspondiente de la semana, durante las cinco semanas entre el 3 de enero y el 6 de febrero de 2020. Estos datos capturan la movilidad de las personas a través de diferentes sectores de la economía y están públicamente disponibles en Google (Google, 2020). Los sectores incluidos son supermercados y farmacias, parques, estaciones de transporte público, tiendas y ocio, zonas residenciales, y lugares de trabajo.

**Figura 4:** Cambio porcentual en la movilidad de las personas, Bolivia



La línea café corresponde al departamento de Chuquisaca, celeste a La Paz, verde a Cochabamba, morado a Oruro, rojo a Potosí, naranja a Tarija, amarillo a Santa Cruz, negro a Beni, y rosado a Pando. Las líneas representan el promedio móvil de 3 días. Los días entre las líneas negras punteadas representan el periodo de cuarentena nacional. La información de movilidad por departamento proviene de <https://www.google.com/covid19/mobility/>

Los informes de movilidad local sobre el COVID-19 producidos por Google (2020) muestran que a nivel nacional el país tuvo una reducción promedio de 40,4 % entre el 15 de febrero y el 27 de julio. Si bien el país entró en una cuarentena rígida el 22 de Marzo, la figura 4 muestra que la movilidad de las personas disminuyó en el país aproximadamente 11 días antes, esto muestra que una parte de la población modificó su comportamiento

inmediatamente cuando el COVID-19 llegó a Bolivia. Entre el primer caso y el 22 de marzo, Oruro registró la mayor disminución, 28,8 % en promedio, seguido por Santa Cruz (14,2 %) y Cochabamba (13,7 %). En este mismo periodo, la mayor reducción fue en el uso de transporte público, con un rango de 26,3 % en Santa Cruz a 52,8 % en Oruro.

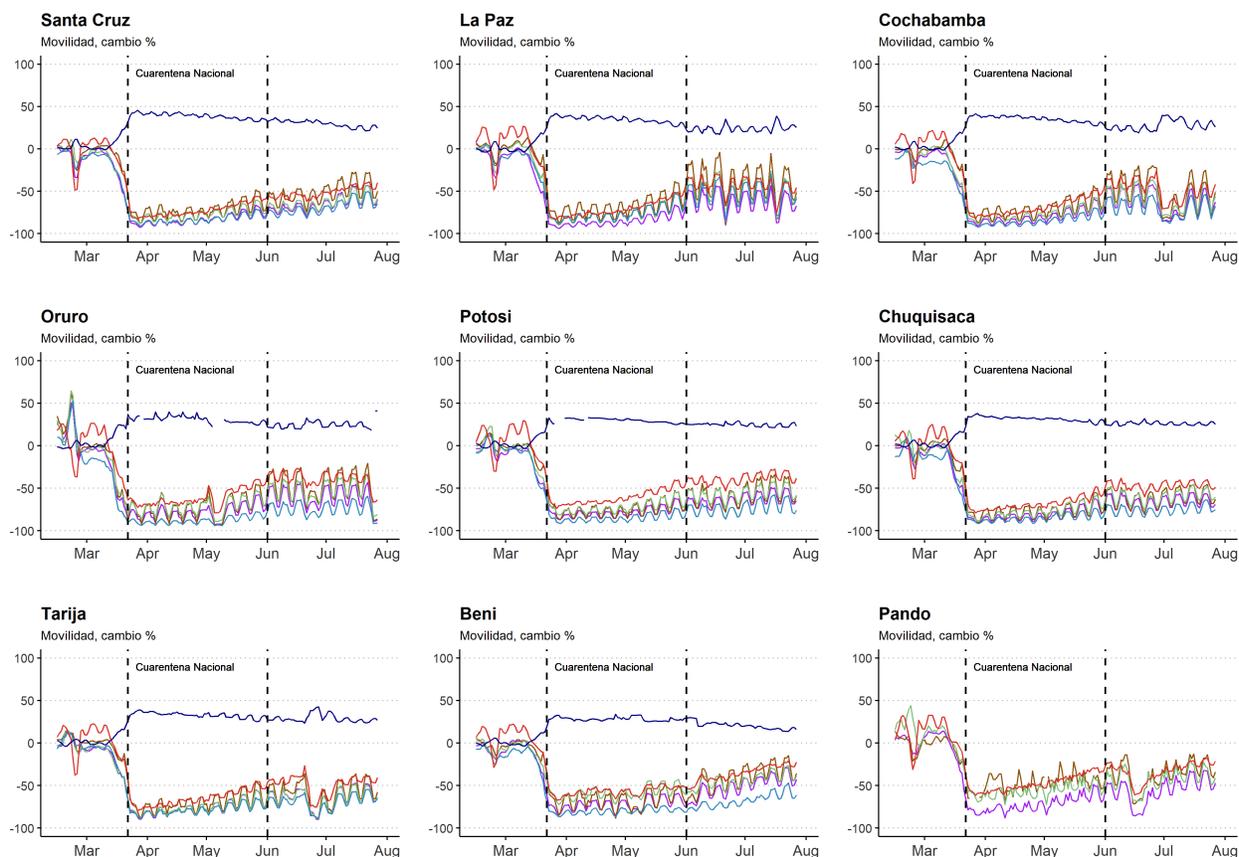
Durante el período de cuarentena rígida, las personas menores de 65 años podían transitar solamente una vez a la semana para realizar tareas esenciales, como compras de mercado, y nadie podía salir de sus hogares durante el fin de semana. Los supermercados, mercados, y tiendas de barrio solamente podían abrir por las mañanas. El gobierno impuso trabajo comunitario y multas para aquellas personas que quebrasen las reglas de la cuarentena. Si bien reducciones en la movilidad han demostrado ser una intervención no farmacéutica efectiva en controlar el virus (Zhou et al., 2020; Hadjidemetriou, Sasidharan, Kouyialis and Parlikad, 2020; Badr et al., 2020; Bonaccorsi et al., 2020), esta conlleva un alto costo económico. Para permitir a la población cumplir con la cuarentena, y sobrellevar su alto costo, el gobierno implementó el pago de bonos denominados "canasta familiar", "bono familiar" y el "bono universal". Los bonos fueron catalizados hacia los ancianos, desempleados, embarazadas, discapacitados y padres de hijos en edad escolar (DW, 2020). El Ministerio de Economía y Finanzas Públicas comunicó que el "bono familia" benefició a 2,9 millones de personas, el "bono universal" a 3,6 millones, y la canasta familiar a 1 millón. En promedio, se esperaba que cada boliviano que cumplía con los criterios de inclusión, recibiese entre 400 a 500 bolivianos. Asimismo, el gobierno puso en marcha diferentes incentivos tributarios con el objetivo de reactivar la economía.

Entre el 22 de marzo y el 27 de julio, los cambios en los patrones de movilidad fueron mayores, en promedio el país redujo 48,7 %. Si bien Chuquisaca está entre los departamentos con menor número de casos de COVID-19, es el departamento con el mayor declive en movilidad, 54,9 %, seguido por Potosí y Santa Cruz, 52,4 % y 52,1 %, respectivamente. Contrario a los demás sectores, el movimiento en zonas residenciales incrementó en 29,8 % en promedio, y al igual que en los días previos a la cuarentena, el uso de transporte público fue el más afectado (76,4 %), seguido de tiendas y ocio (70,6 %), parques (63,7 %), supermercados y farmacias (60,1 %), y lugares de trabajo (54,1 %). Los patrones departamentales son muy similares al patrón nacional, véase la figura 5, con la excepción que el departamento de Pando no registra información en zonas residenciales y transporte público.

Los reportes de movilidad sirven para entender el cambio en el comportamiento de las personas que permite controlar la pandemia. Si bien estos datos están desagregados a nivel municipal para un conjunto de 40 municipios, los más poblados, estos no pueden ser cruzados con datos de casos y muertes de COVID-19 en Bolivia. A diferencia de los datos

de movilidad, los datos públicos de COVID-19 del Ministerio de Salud sólo se encuentran desagregados a nivel departamental. No obstante, es importante mencionar que los datos de movilidad sufren de un sesgo de selección dado que la información capturada representa a personas que tienen acceso a un teléfono celular inteligente, a pesar que en Bolivia un alto porcentaje de la población posee uno (AGETIC, 2017).

**Figura 5: Cambio porcentual en la movilidad de las personas por sectores de la economía y departamento**



Las líneas de color morado corresponden a movilidad en tiendas y lugares de ocio, café a supermercados y farmacias, verde a parques, celeste a estaciones de transporte, rojo a lugares de trabajo, y azul a zonas residenciales. Las líneas representan el promedio móvil de 3 días. Los días entre las líneas negras punteadas representan el periodo de cuarentena nacional. La información de movilidad por departamento proviene de <https://www.google.com/covid19/mobility/>

### 3. EVIDENCIA INTERNACIONAL

En esta sección contrastaremos la situación de Bolivia expuesta en la sección 2 con una mirada internacional y con énfasis en Latinoamérica. Primero, analizamos las dinámicas de

la pandemia, luego el valor del distanciamiento social y la importancia en la realización de las pruebas "tests". Tanto la temporalidad, la heterogeneidad en la fecha de inicio de la pandemia en cada país y el pico de las muertes, como la fuerza de la pandemia del COVID-19 a nivel global nos permite ajustar el estado particular de un país en función a su tamaño poblacional y la dinámica de la mortalidad para sacar lecciones del tratamiento y evolución de la pandemia.

### 3.1. El Dilema Latinoamericano

El dilema Latinoamericano es explicado por la fragilidad en la que se encuentra una porción considerable de sus economías con una expectativa de contracción del producto de la región en torno a 10 % según el [Fondo Monetario Internacional \(2020\)](#). Este escenario es explicado por conflictos sociales significativos observados a lo largo de 2019 en gran parte de la región y una baja respuesta de contención en el manejo de la pandemia, pese a los tempranos esfuerzos de aislamiento implementados por sus autoridades.

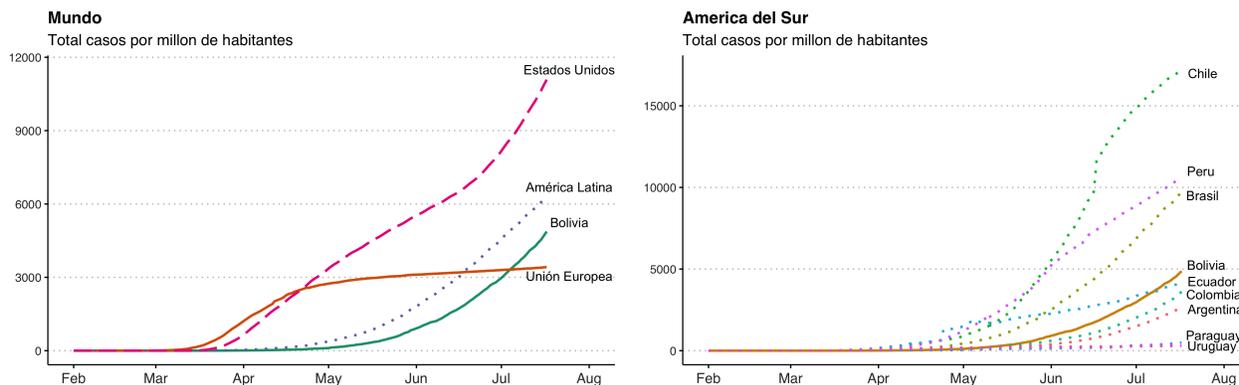
La pandemia encuentra al continente con una tendencia a la baja del crecimiento de la región, que después de una década de bonanza con crecimiento promedio de 3 % anual entre 2004 y 2014 según el [Banco Mundial \(2020\)](#), empieza a desacelerarse registrando para 2019 un crecimiento de apenas 1 % , explicado principalmente por la caída en el precios de los principales materias primas de exportación.

Más allá de la desaceleración del crecimiento económico, las tensiones sociales marcaban pérdidas en la dinámica de la actividad económica demandando recursos fiscales que hoy son escasos en el manejo de la pandemia en gran parte de los países. Es marcada la heterogeneidad en la respuesta a la enfermedad en función a los espacios fiscales que tienen las economías. Un claro ejemplo es Chile y Perú que llegan con mejores condiciones de política fiscal a esta crisis en comparación a países como, Colombia, México, Argentina o Bolivia, que arrastran significativos niveles de deuda, déficits fiscales y desequilibrios económicos en la política cambiaria que demandan recursos que serían necesarios en otros usos

La irrupción de la pandemia en Latinoamérica puede es explicada después del golpe inicial en Europa que en cuestión de semanas fue observado con fuerza en Estados Unidos. Como se observa en la figura 6, Latinoamérica tuvo al menos un mes para prepararse para la llegada con fuerza del virus. Este tiempo no fue gratuito, las autoridades en la región adoptaron en promedio medidas de aislamiento altamente restrictivas como se puede ver

en la figura 7, que contrastada con la evolución de casos no alcanza a justificarse en su implementación. Ya sea que se empleó una medida anticipadamente o el tiempo logrado con la implementación no fue aprovechada para evitar el alto crecimiento de los casos en tan poco tiempo.

**Figura 6: Evolución de la pandemia en la Unión Europea, Estados Unidos y Latinoamérica**



Los datos de total de casos confirmados proviene del CSSE. La información sobre población corresponde a 2019 y proviene del *European Center for Disease Control*. América Latina: Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Perú, Chile, Ecuador, Colombia, Venezuela, México. Unión Europea: Francia, España, Italia, Alemania, Austria, Holanda, Bélgica, Portugal, Irlanda, Grecia, Finlandia, Eslovenia, Eslovaquia.

### 3.2. Estrategias de Control

Hay muchos factores que explican las diferentes experiencias entre países en el manejo de la crisis sanitaria. En términos simples, el control de la epidemia implica reducir la frecuencia e intensidad de la interacción entre individuos infectados e individuos que son susceptibles de ser infectados. Las estrategias de control tienen por objetivo romper la cadena de transmisión del virus y se pueden aplicar a diferentes niveles. Estas herramientas se pueden dividir en dos grandes grupos: individualizadas o comunitarias.

Una estrategia individualizada, es el diagnóstico, aislamiento y rastreo de contactos. Esta estrategia se aplica a nivel de cada caso sospechoso y tiene por objetivo identificar únicamente a los miembros de una población que hayan tenido un potencial contacto con el virus. Por ejemplo, si esta estrategia es capaz de identificar al caso índice o *paciente cero*, es posible contener rápidamente una epidemia y sus potenciales rebrotes sin necesidad de afectar a toda la población. En el otro extremo, se encuentran las estrategias de control basadas en distanciamiento social y cuarentenas—medidas comunitarias. Estas estrategias se aplican a nivel de toda un pueblo, ciudad, región o país. Usualmente, incluyen severas

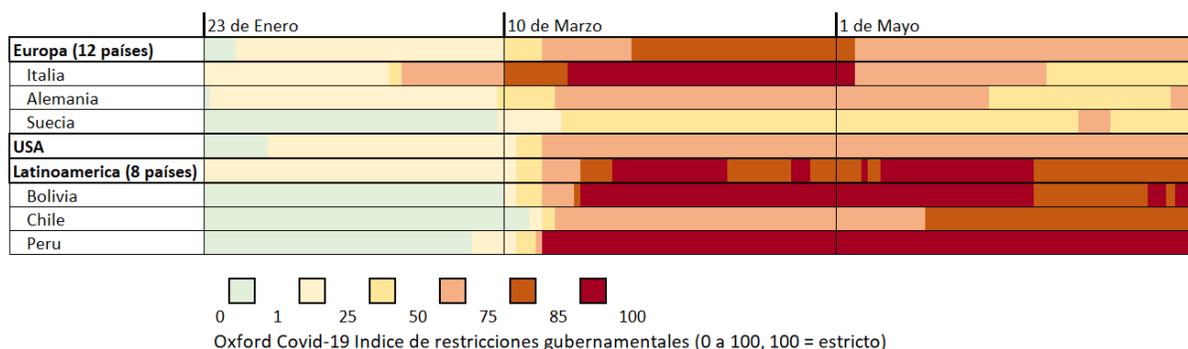
restricciones de movimiento de personas o requieren un cambio sustancial en el comportamiento individual y de grupo. A diferencia de las estrategias individualizadas, las cuarentenas no discriminan el estado de salud de los individuos.

Los dos grupos de estrategias anteriores tienen costos y beneficios diferentes, y por tanto no existe una medida única para hacer frente a la epidemia. Las autoridades necesitan ajustar el balance de cada una de estas intervenciones en base a varios factores como ser: i) incluir la capacidad institucional, ii) promover la coordinación entre diferentes niveles de gobierno a cargo de la gestión sanitaria, y elementos idiosincráticos de la virología de la enfermedad, como la duración de las diferentes fases de contagio, iii) monitorear la existencia de portadores asintomáticos y iv) evitar situaciones particulares que deriven en una transmisión masiva. Por ejemplo, la experiencia del municipio de Vo' en la región italiana de Véneto, es una muestra del éxito de una respuesta rápida que combinó diferentes estrategias. Con una cuarentena estricta durante el inicio de la epidemia, seguido de un aumento en la capacidad de recolección de pruebas y rastreo y aislamiento de contactos para implementar una estrategia de vigilancia comunitaria robusta (Lavezzo et al., 2020).

La figura 7 muestra el índice de severidad de la Universidad de Oxford (Thomas, Webster, Petherick and Kira, 2020) que clasifica las diferentes estrategias de distanciamiento social implementadas como respuesta al COVID-19 en el mundo. El indicador va de 0 a 100, donde 100 representa el mayor número de restricciones como cuarentenas generalizadas, cierre de escuelas y lugares de trabajo, así como el cierre de fronteras y suspensión de viajes. Es notable que existan marcadas diferencias entre la severidad y duración de medidas de distanciamiento social como estrategia de control, con países europeos, como Italia que tuvieron que aplicar una prolongada cuarentena para poder mitigar la avalancha de nuevas infecciones, a países como Alemania que tuvieron restricciones relativamente menos intensas pero que fueron complementadas con una estrategia sanitaria exitosa basada en la prevención, el diagnóstico, aislamiento y rastreo de contactos. Otro caso relevante es el de Suecia que optó por una menor cantidad de restricciones, incluso menores que las de Alemania, pero que no implementó una estrategia de detección generalizada, lo que se tradujo en una curva de contagio más pronunciada y la necesidad de enfocar sus recursos a nivel de tratamiento hospitalario en lugar de la prevención.

A pesar de las diferentes políticas de distanciamiento social adoptadas en respuesta a la pandemia, el común denominador entre los países exitosos ha sido el uso generalizado de herramientas de diagnóstico continuo. La figura 8 muestra la evolución del número de pruebas realizadas por cada caso confirmado en diferentes economías avanzadas comparadas con Bolivia (panel izquierdo) y en comparación con los principales países de Sud

**Figura 7: Evolución de las cuarentenas y su severidad en Europea, Estados Unidos y Latinoamérica**



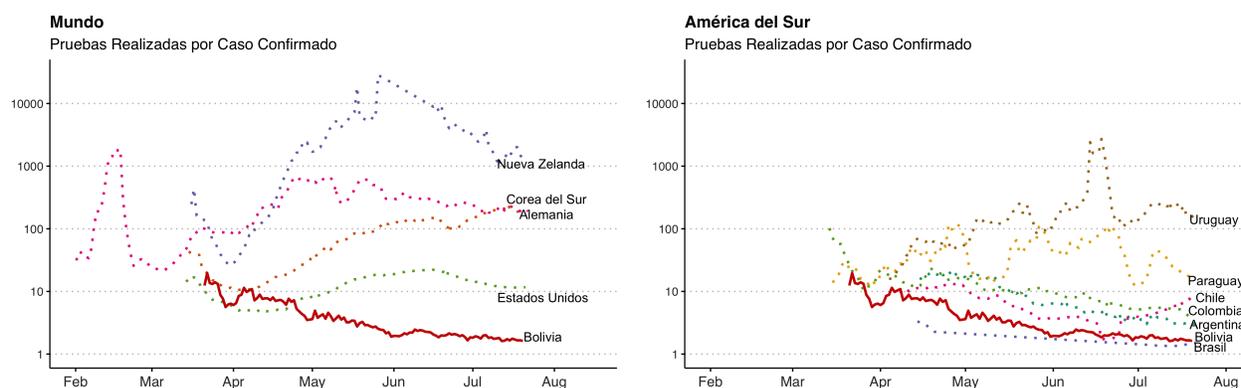
Fuente: [Oxford COVID-19 Government Response Tracker](#), Blavatnik School of Government.

América para los cuales tenemos información.

En el caso de las economías avanzadas, países como Nueva Zelanda, Corea del Sur y Alemania, al igual que otros países del bloque europeo, han logrado controlar la primera ola de la epidemia en el contexto de políticas de diagnóstico agresivas, logrando realizar entre 100-1000 pruebas por cada caso confirmado. A pesar de la alta capacidad de diagnóstico de estos países, el control de la epidemia también requirió de medidas adicionales, como cuarentenas estrictas (Nueva Zelanda y Europa) y el uso de medidas de rastreo de contactos y aislamiento a nivel nacional (Alemania y Corea del Sur). Por otra parte, si bien Estados Unidos realiza un gran número total de pruebas, la proporción de pruebas realizadas por caso confirmado es inferior al de otros países avanzados.

La situación de América del Sur también presenta varios matices. Países como Uruguay han logrado alcanzar una proporción de pruebas realizadas por caso confirmado similar a la de economías avanzadas que lograron controlar la epidemia. En este sentido, no es sorprendente que Uruguay este logrando mantener el control de la epidemia de forma sostenida. El resto de los países muestra una penetración de diagnóstico menor, llegando a realizar menos de 10 pruebas por cada caso confirmado. Esto se debe a que en muchos casos como el de Chile y Perú, la cantidad total de casos y el número de contagios diarios tuvieron una fase de crecimiento muy rápida. En comparación, Bolivia y Brasil presentan la menor proporción de pruebas realizadas por caso confirmado en la región.

Figura 8: *Diagnostico*



El número de pruebas realizadas por caso confirmado es el recíproco de la tasa de positividad. Promedios semanales. Fuente: [Our World in Data](#)

## 4. HERRAMIENTAS DE MONITOREO

### 4.1. Datos

Para implementar los modelos de pronóstico, recolectamos datos diarios sobre la evolución global de la pandemia del Centro de Ciencia e Ingeniería de Sistemas de la Universidad Johns Hopkins (CSSE en inglés). La base de datos CSSE agrega información para 186 países y provee una fuente consistente de datos diarios sobre el número total de infectados, muertes y casos recuperados. Para Bolivia, complementamos la información a nivel nacional con datos departamentales obtenidos del portal [covid19bo.com](#) que recopila datos diarios sobre las tres variables anteriores para cada uno de los nueve departamentos de Bolivia.

### 4.2. Número de Reproducción Efectivo

El monitoreo de una epidemia se basa en el seguimiento del número de casos confirmados por día. Sin embargo, el retardo entre la infección y aparición de síntomas, así como retrasos en el reporte de pruebas de laboratorio y límites en la capacidad de pruebas disponibles, hacen que la información de casos diarios sea un indicador volátil sobre la tendencia general de la epidemia. Este problema se complica mucho mas cuando la capacidad de realizar pruebas y su procesamiento difiere a nivel regional.

Para hacer un uso eficiente de la información de vigilancia se puede usar el número

de nuevas infecciones diarias para estimar la evolución del número de reproducción efectiva, también conocida como  $R_t$ , el cual representa el número promedio de infecciones secundarias (contagios) generadas a partir de cada individuo infectado en un periodo determinado de tiempo. Un valor del número de reproducción efectiva mayor a uno ( $R_t > 1$ ) señala que la enfermedad continua propagándose de manera exponencial y mientras más alto sea este valor, mayor será el número de nuevos infectados.

Siguiendo la metodología propuesta en [Cori et al. \(2013\)](#), el número de reproducción efectivo  $R_t$  se calcula en base al número observado de casos  $C_t$  a través de la siguiente formula:

$$R_t = \frac{C_t}{\sum_{s=1}^t \omega_s C_{t-s}}. \quad (1)$$

Donde  $\omega_s$  pondera la probabilidad de casos secundarios en el periodo  $t$ , y dicha distribución se conoce como el intervalo serial. El numerador de (1), representa el número de nuevos casos confirmados en el periodo  $t$ , y el denominador representa el total de infecciones potenciales en el periodo  $t$  dada la distribución serial  $\omega_s$ . En particular, tomamos el enfoque Bayesiano de [Abbott et al. \(2020\)](#), que permite ajustar la estimación por diferentes rezagos del flujo de información debido al periodo de incubación y diagnóstico de la enfermedad. Detalles sobre la metodología se encuentra disponibles en el Apéndice.

La figura 9 muestra la estimación del número de reproducción efectivo para los nueve departamentos de Bolivia. Para cada departamento, el periodo de estimación de  $R_t$  varia dependiendo la disponibilidad de los datos de casos confirmados. Debido al rezago que existe entre la infección inicial y la confirmación del diagnóstico, el valor reportado de  $R_t$ , los casos diagnosticados hoy son el resultado de infecciones que ocurrieron con varios días de anticipación. Por tanto,  $R_t$  muestra la dinámica del contagio condicional en la velocidad de detección y diagnostico de cada departamento.

Las experiencias de cada departamento en cuanto a la evolución de infecciones y su transmisibilidad ha sido variada. Al inicio del brote del COVID-19 en Bolivia, el número de reproducción efectivo fue claramente superior a uno ( $R_t$ ) en el departamento de Santa Cruz donde se registraron los primeros casos confirmados. La evolución de  $R_t$  en otros departamentos fue un tanto diferente, ya que el número de contagios fue relativamente limitado con las diferentes restricciones de movimiento que se establecieron en cada

---

<sup>1</sup>Nuestra estimación hace uso del paquete *EpiForecasts* el cual es de acceso libre y fácil implementación en el software estadístico R, <https://epiforecasts.io>.

departamento y luego con la cuarentena a nivel nacional en los meses de marzo y abril.

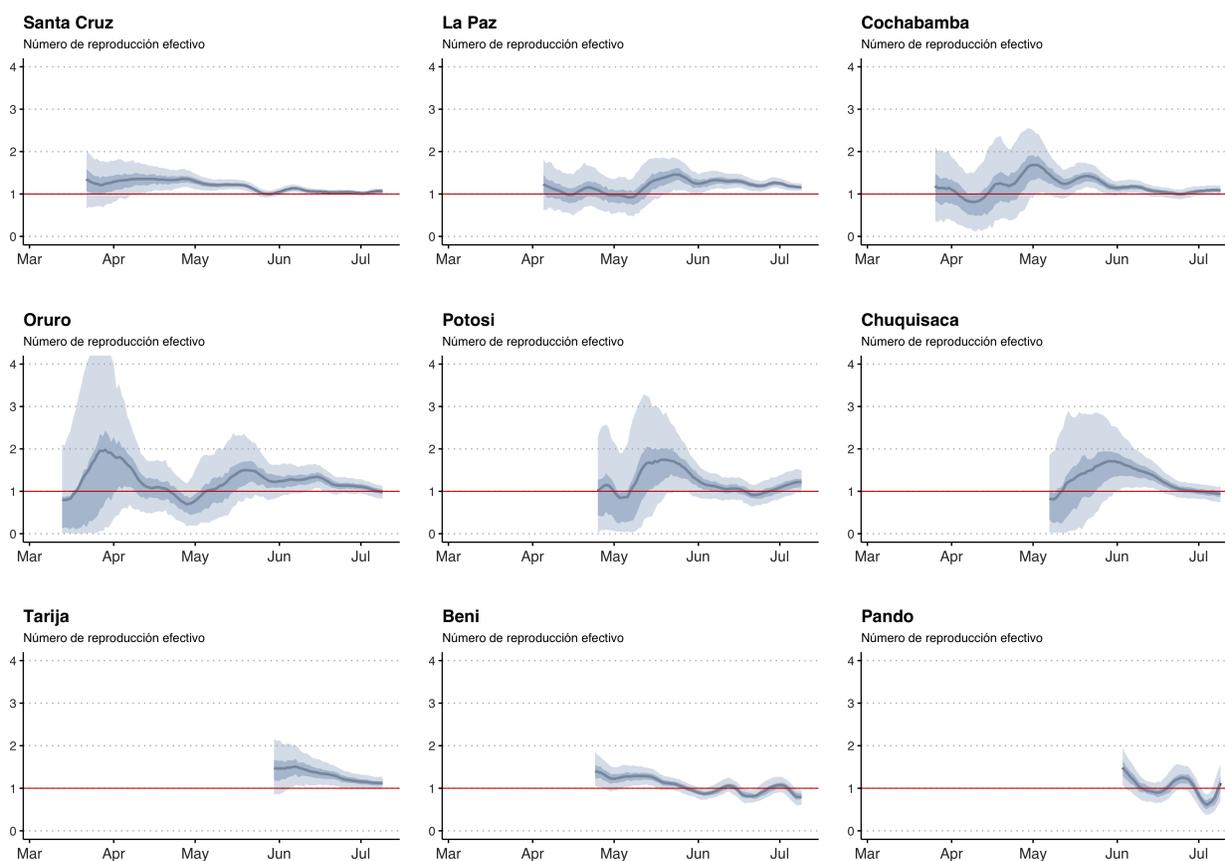
Si bien estas medidas permitieron disminuir la velocidad del contagio y retrasar la propagación de la enfermedad en el territorio nacional, no fueron suficientes para detener la epidemia. A pesar de la incertidumbre de las estimaciones iniciales de  $R_t$ , este indicador nunca se logró mantener por debajo del umbral de 1, con excepción del departamento de Pando. Al tener un indicador de  $R_t > 1$ , observamos que la epidemia continúa en expansión en Bolivia de manera sostenida. Siendo La Paz, Cochabamba y Potosí, los departamentos de principal preocupación debido al tamaño de sus poblaciones y dinámicas urbanas. Las estimaciones de  $R_t$  también muestran que la epidemia se expandió más rápidamente en algunos departamentos al inicio de la epidemia. En los departamentos de Oruro, Potosí y Chuquisaca, observamos un  $R_t$  en un rango de valores entre 2 – 4 en las primeras semanas de contagio. Sin embargo, dadas las menores poblaciones urbanas en estas áreas, la curva de contagios tuvo una menor escala. Mientras que las dinámicas de contagio en los departamentos con mayor población, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, tuvieron indicadores de  $R_t < 2$  sin embargo sus curvas de contagio fueron más pronunciadas.

A pesar de una expansión generalizada de la epidemia, podemos rescatar algunos casos alentadores. Por ejemplo, los departamentos de Tarija y Chuquisaca, que si bien tuvieron un periodo inicial en el cual el  $R_t$  fue mayor a 2, indicando una rápida expansión de la epidemia, parecen estar logrando disminuir los contagios y ha logrado disminuir  $R_t$  a niveles cercanos a 1. En contraste, aún hacen falta mayores esfuerzos para poder llevar la transmisión por debajo de 1 y mantenerlo en ese nivel para contener la expansión de la enfermedad. En este esfuerzo además se necesita mejorar la calidad del reporte evitando que la volatilidad nos de una impresión incierta como el caso de Beni y Pando observado en la figura 9.

### 4.3. Pronóstico de Nuevas Infecciones

Utilizando la información sobre el número de reproducción efectivo se pronostica futuras infecciones a nivel departamental. Usando múltiples modelos de series de tiempo realizamos pronósticos de  $R_t$  en una ventana de 30 días y luego usamos la ecuación (1) para obtener una estimación de los casos confirmados. La figura 11 muestra los nuevos casos diarios de COVID-19 por fecha de infección, así como su pronóstico para las próximas semanas. Debido a los rezagos entre infección y confirmación, los casos por fecha de infección se adelantan a los casos oficialmente confirmados. Para facilitar la comparación,

**Figura 9: Número de Reproducción Efectivo por Departamento**



La línea de color gris oscuro representa la mediana de la estimación. Las regiones con sombras claras representan el intervalo de credibilidad del 95%. Las regiones con sombras oscuras corresponden al intervalo de credibilidad del 50%. La línea roja horizontal es el umbral que indica la expansión o contracción de nuevos casos. La fecha de inicio de la estimación es independiente para cada departamento. La última observación en la muestra corresponde al 26/07/2020 y el último valor estimado corresponde al 16/07/2020, lo que refleja un rezago promedio de 10 días entre infección y diagnóstico.

también mostramos la evolución de los casos por fecha de confirmación y empezamos nuestro pronóstico 10 días antes de la última observación que consideramos es el tiempo mínimo entre la incubación y diagnóstico de nuevos casos.

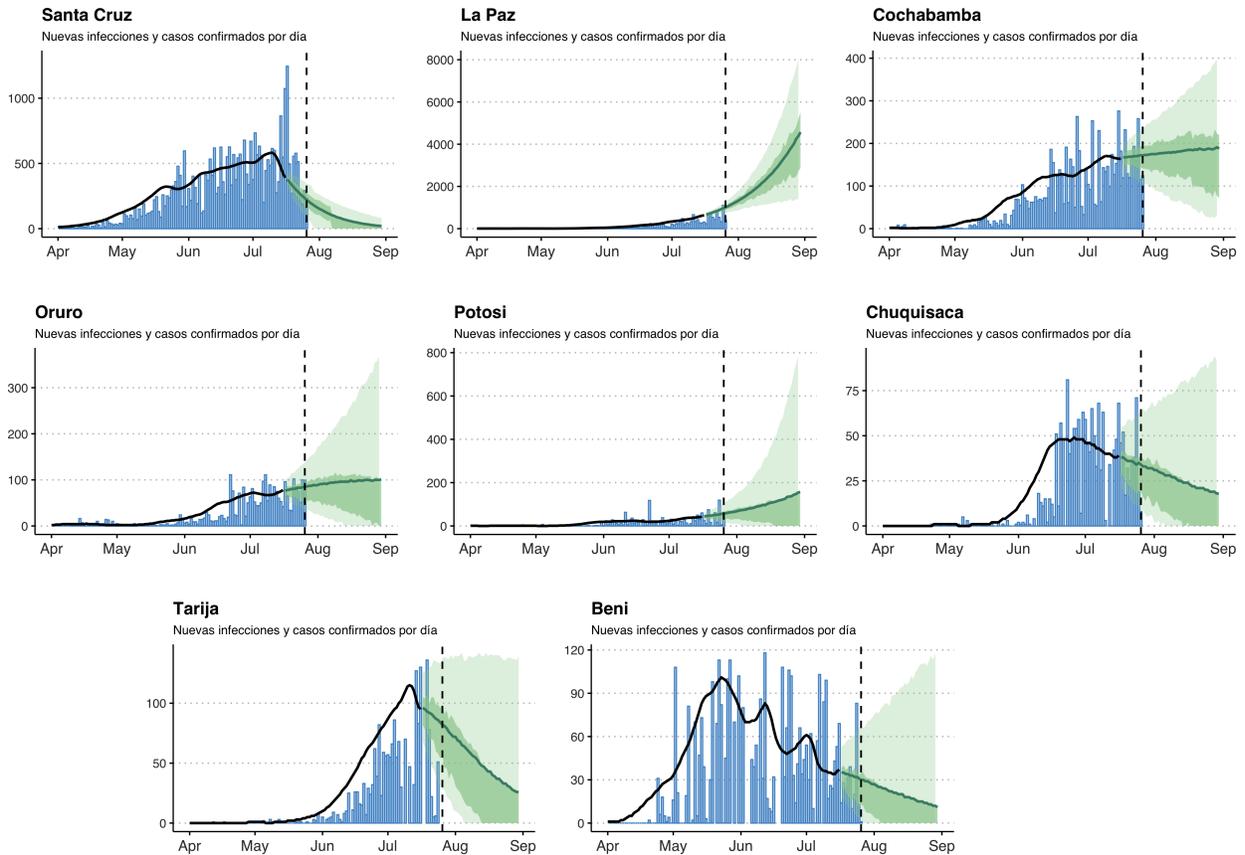
El pronóstico de nuevas infecciones permite evaluar la tendencia y la incertidumbre asociada a la aparición de nuevos contagios. Por ejemplo, el departamento de Santa Cruz, parece haber alcanzado el pico de nuevos contagios en la tercera semana del mes de julio, y estaría en una trayectoria descendente registrando menos de 500 nuevas infecciones por día.

Otros departamentos muestran una situación más compleja. Por ejemplo, en los departamentos de Cochabamba y Potosí, el pronóstico muestra un potencial incremento de

casos diarios en el rango de 100 a 300 nuevos casos por día. Más preocupante aun es el caso de La Paz, en el que la dinámica del contagio se aceleró marcadamente en las últimas semanas. Entre tanto, los departamentos de Chuquisaca, Beni y Tarija, tienen una dinámica un tanto más favorable si es que no existen cambios dramáticos en la evolución del número de reproducción efectivo. Sin embargo, esta ventaja aun no es un motivo de celebración. Dada la incertidumbre de las proyecciones, representada por los intervalos de credibilidad, vemos que es necesario continuar con las medidas de mitigación y distanciamiento social para poder consolidar una trayectoria decreciente de infecciones en estos departamentos.

Dada la baja capacidad de diagnóstico, con laboratorios de ciudades intermedias con capacidad limitada de realizar menos de 100 pruebas de laboratorio por día, nuestros resultados sugieren que la capacidad de diagnóstico esta virtualmente superada en todos los departamentos y es urgente incrementar su capacidad, tanto a través de un mayor número de pruebas de laboratorio (PCR), así como mediante el uso de herramientas de diagnóstico rápido que puedan ser desplegadas a nivel de los hogares.

**Figura 10: Pronóstico de Nuevos Casos por Departamento**



La línea de color verde representa la mediana de la proyección de nuevos casos diarios por fecha de infección. Las regiones con sombras claras representan el intervalo de credibilidad del 95%. Las regiones con sombras oscuras corresponden al intervalo de credibilidad del 50%. La línea de color negro corresponde al valor estimado de infecciones por fecha de infección. Las barras azules representan el número de casos positivos por fecha oficial de confirmación. La línea vertical punteada corresponde al 26/07/2020, la última observación de la muestra. El eje vertical se ajusta a cada departamento.

#### 4.4. Pronóstico de Infecciones Activas

La sección anterior hizo uso de la información sobre nuevos casos confirmados. Sin embargo, durante el proceso de monitoreo epidemiológico, también se recolecta información valiosa sobre muertes y recuperaciones, lo que permite calcular el número de infecciones activas ( $I_t$ ):

$$\text{Infecciones Activas} = \text{Total Casos} - \text{Total Muertes} - \text{Total Recuperados}$$

La información sobre infecciones activas, además de ayudar a pronosticar la evolución de la epidemia, es útil para diagnosticar las presiones sobre el sistema de salud ya que permite incorporar información de la velocidad a la cual las nuevas infecciones resultan en hospitalizaciones y muertes y la velocidad de recuperación de los casos con sintomatología moderada.

Para hacer un pronóstico de la infecciones activas, utilizamos la metodología de datos de panel desarrollada por [Liu et al. \(2020\)](#). La ventaja de esta herramienta es la capacidad de utilizar la información de las múltiples trayectorias de la epidemia en el mundo, para luego poder desagregar esta información a nivel de cada una de las unidades de observación, en nuestro caso, los departamentos de Bolivia. El modelo de pronóstico de infecciones activas  $I_t$ , está basado en la relación temporal que existe en modelos epidemiológicos del tipo Susceptible-Infectado-Recuperado [Kermack and McKendrick \(1927, 1932, 1933\)](#). De hecho, la dinámica de estos modelos puede resumirse analizando la evolución de la variable  $I_t$ .

Empíricamente, es posible establecer la siguiente relación entre la tasa de crecimiento  $y_{i,t} = \log(I_{i,t}/I_{i,t-1})$  de las infecciones activas y una tendencia lineal  $x_t$  sujeta a un quiebre estructural que ocurre en el periodo  $t > t_i^*$ :

$$y_{i,t} = \rho y_{i,t-1} + \gamma'_i \Delta \rho x_t + \delta'_i \Delta \rho x_t \mathbb{I} \{t > t_i^*\} + \epsilon_{i,t}, \quad \epsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma_i^2). \quad (2)$$

El cambio en la tasa de crecimiento captura el cambio en la dinámica de las variables epidemiológicas antes y después del pico de la epidemia en cada país y permite modelar la dinámica no-lineal del número de infecciones activas y realizar pronósticos que capturen la incertidumbre sobre el pico de la epidemia  $t_i^*$ , la persistencia de la tasa de crecimiento  $\rho_{i,t}$  y la varianza de innovaciones  $\sigma_{i,t}$  que capturan eventos idiosincrásicos en la dinámica individual de las variables epidemiológicas de cada país.

Usando datos del CSSE, complementado con datos de infecciones activas para los nueve

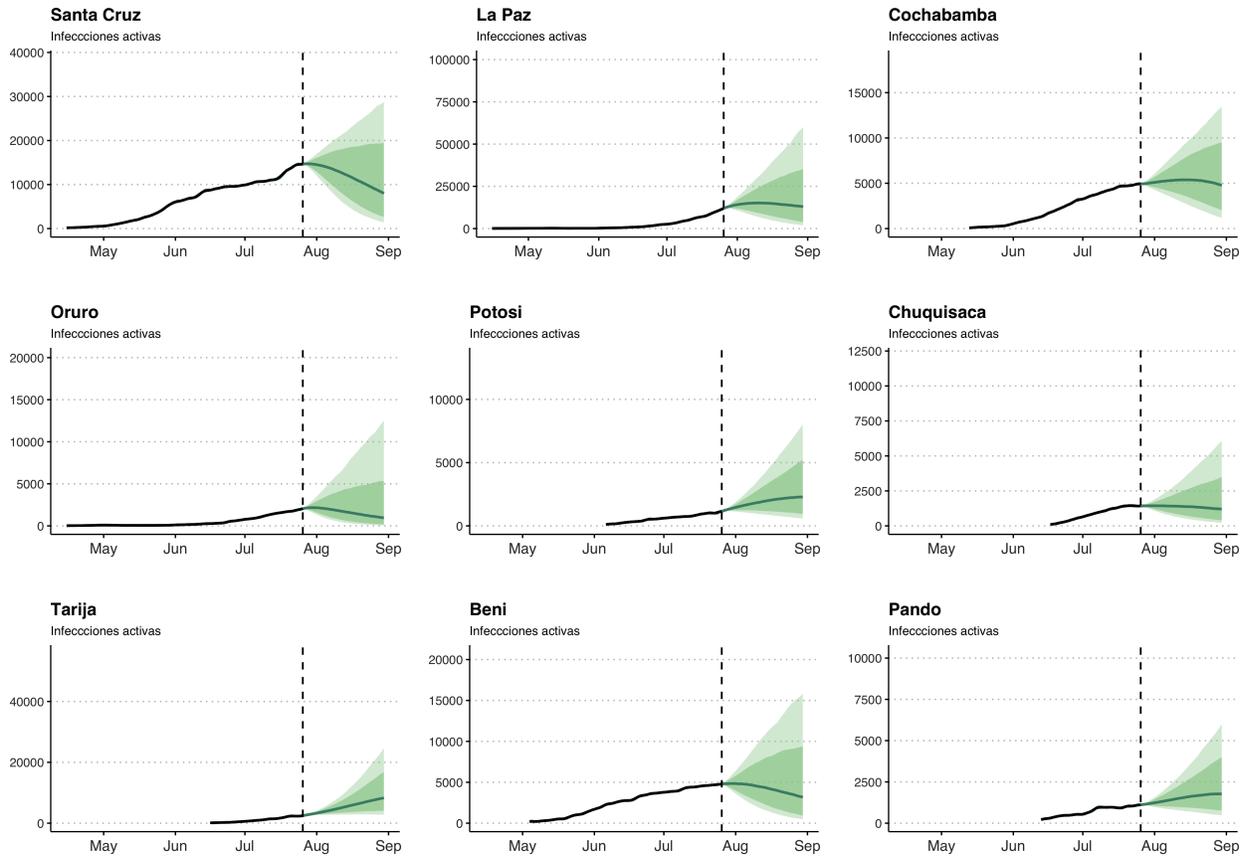
departamentos de Bolivia, la información al 26/07/2020 genera un un panel no-balanceado con  $N = 153$  unidades de observación. Nuestra muestra tienen un máximo de  $T = 187$  observaciones diarias. La metodología permite estimar coeficientes heterogéneos para todos los miembros del panel a pesar de la naturaleza no-balanceada del mismo. Específicamente, estimamos los siguientes parámetros  $(\rho, \gamma_{1:N}, \delta_{1:N}, \sigma_{1:N}^2)$ , donde el subíndice  $1 : N$ , indica que obtenemos un valor de dicho parámetro para cada unidad de observación.

La figura 11, muestra la evolución del número de infecciones activas registradas para los nueve departamentos, así como los pronósticos correspondientes para los próximos 60 días. A diferencia del modelo de pronósticos de casos diarios, el modelo de datos de panel no corrige por los rezagos entre infecciones y diagnostico. Sin embargo tiene la ventaja de utilizar variables epidemiológicas adicionales y nos permite obtener pronósticos sobre la duración de la epidemia a pesar de la poca información existente en algunos departamentos, por ejemplo en el Beni.

Consistente con los pronósticos de nuevos casos, los pronósticos de infecciones activas confirman los resultados anteriores. Los datos al 26 de julio, muestran que Santa Cruz se encuentra en la cúspide de infecciones activas, mientras que Cochabamba, La Paz y Potosí aún se encuentran en la parte ascendente de la curva de proyección. Sin embargo, la incertidumbre alrededor de estas proyecciones es sustancial con intervalos de credibilidad al 50%, que sugieren que es posible que exista un rebrote de contagios incluso en los departamentos con mejores perspectivas.

En lo que respecta al departamento de Tarija y Chuquisaca, recordemos que el análisis de casos mostraba un patrón relativamente favorable. Sin embargo, dado que la epidemia cobró fuerza en estos departamento en la segunda mitad de 2020, a pesar de la potencial reducción de casos diarios, el número de infecciones activas continuará en ascenso. Esto resalta que no es suficiente monitorear la velocidad de los contagios a través de  $R_t$  y el pronóstico de casos diarios. También es importante analizar la evolución de infecciones activas para entender las potenciales presiones sobre el sistema de salud de cada departamento. Para esto, el seguimiento de todos los casos desde el diagnostico, evolución y recuperación es vital para poder alimentar modelos de monitoreo epidemiológico. Mucha información se pierde al no poder hacer seguimiento a casos confirmados pero con sintomatología moderada que no requieren de atención hospitalaria. Subestimar la cantidad de recuperados y muertes asociadas a COVID-19 limita la capacidad de implementar una respuesta de salud pública adecuada.

**Figura 11: Pronóstico de Infecciones Activas por Departamento**



La línea de color negro corresponde a los datos observados. La línea de color verde representa la mediana de la proyección de infecciones activas por fecha de confirmación. Las regiones con sombras claras representan el intervalo de credibilidad del 95 %. Las regiones con sombras oscuras corresponden al intervalo de credibilidad del 50 %. La línea vertical punteada corresponde al 26/07/2020, la última observación de la muestra. El eje vertical se ajusta a cada departamento.

## 5. DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES

En base al análisis anterior vemos que los desafíos para controlar la epidemia en Bolivia crecen de la mano del virus. Sin embargo, es necesario enfatizar la importancia de generar información epidemiológica desagregada, oportuna y frecuente para poder ayudar a mejorar la respuesta ante la pandemia. La transparencia y confiabilidad de la información de vigilancia epidemiológica es fundamental para poder utilizar modelos de pronóstico. Adicionalmente, vemos urgente la necesidad de crear información detallada y en tiempo real de la capacidad del sector salud en términos de disponibilidad de camas, respiradores instalados, unidades de terapia intensiva, tiempo promedio de recuperación de pacientes, entre otras.

Frente al desafío de generar información adicional, ofrecemos una lista de potenciales indicadores que podría obtenerse a niveles subnacionales (departamentos, municipios, distritos) con el objetivo de ofrecer datos de alta frecuencia para poder hacer un seguimiento más granular de la epidemia. Esta lista no es exhaustiva y resume algunos de los indicadores sugeridos en el proyecto [Tracking COVID-19 in the United States](#). La tabla 1 muestra seis de los indicadores junto con el nivel de estratificación, la frecuencia de recolección y las metas propuestas para cada uno de ellos.

**Cuadro 1:** Información esencial para monitoreo de la pandemia

Indicador	Estratificación	Objetivo
Casos nuevos confirmados y probables, tasas per cápita por fecha con media móvil de 7 días	Edad y sexo por región	Disminuir los nuevos casos en los últimos 14 días o el equivalente a 10 casos por 100.000 personas en dos semanas
Porcentaje de nuevos casos epidemiológicamente relacionado con al menos otro caso, si se estratificó por parte del brote conocido o no.	Edad y sexo por región	mayor al 80% reportado semanalmente y de manera acumulada
Tests serológicos (por ejemplo antígeno) y de diagnóstico molecular (por ejemplo, PCR) con tasas per cápita por fecha con umbral de 7 días de media móvil	Edad y sexo por región	menor a 1,5 tests / 1000 por día
Porcentaje de testeo (por ejemplo antígeno) y de diagnóstico (por ejemplo, PCR) positividad por fecha con umbral de 7 días de media móvil	Edad y sexo por región	menor a 3% de positividad
COVID-19 hospitalización diaria tasas per cápita y la media móvil 7 días por	Edad y sexo por región	Disminuyendo o bajo nivel
Porcentaje de camas autorizadas ocupado por sospechosos y confirmados COVID-19 pacientes		Baja proporción (< 10%)

De igual manera, la información a nivel departamental así como los pronósticos de casos, pueden utilizarse para resumir información sobre el estado de la epidemia y mejorar la

comunicación con el público sobre las estrategias a seguir. Por ejemplo, [Cerde, Gonzalez and Larrain \(2020\)](#) ofrecen el caso de Chile que utiliza un conjunto de indicadores para realizar un seguimiento semanal de la evolución de la pandemia. Este seguimiento podría ser implementado por los servicios departamentales de salud de Bolivia. Entre los indicadores que pueden ser aplicados en Bolivia según los datos disponibles están: i) Reducción del número de casos en 5% una semana; ii) Reducción del número de casos en 10% dos semanas; y iii) Casos por millón de habitante menor a 40. Estos indicadores son clasificados en tres categorías, color verde si cumple estrictamente con el criterio, color amarillo si solo cumple con el criterio en la última semana, y color rojo si no cumple con el criterio. Esta información puede ser presentada en un tablero dinámico de fácil acceso para la población.

Las estimaciones han mostrado una heterogeneidad a través de los departamentos de Bolivia, tanto en el número de casos como en el número de días antes de llegar al pico de la epidemia. La proyecciones de nuevos casos diarios y de infecciones activas nos permiten tener información en tiempo real sobre el curso de la epidemia y el rol de diferentes intervenciones de salud pública. Dada la importancia de estos pronósticos, recomendamos aumentar la capacidad de identificación o testeo de los casos y actualizar estas estimaciones de manera semanal para ayudar a la toma de decisiones y monitorear potenciales cambios en el curso de la epidemia a nivel departamental. Igualmente, vemos que los patrones de movilidad son diferentes entre departamentos. Estas diferencias sugieren que las medidas de salud pública para controlar la enfermedad, particularmente las restricciones de movilidad, deberían ser implementadas por los gobiernos locales y no por el gobierno central. No obstante, los gobiernos locales deben responder rápidamente a incrementos tanto en el  $R_t$  como en el número diario de casos, así como la correlación que existe entre cambios en  $R_t$  y el incremento de la movilidad en diferentes categorías de actividad. Una vez más, contar con datos desagregados y de alta frecuencia ayudará en el monitoreo y el control de los contagios.

Bolivia tiene una limitada capacidad de diagnóstico, la cuál está virtualmente superada en todos los departamentos. El país debe considerar la implementación de alternativas que permitan optimizar las pruebas diagnósticas para COVID-19. Una alternativa es el testeo por bloques, también conocido como *pool testing*. Esta intervención es utilizada en el control de otras enfermedades infecciosas, como enfermedades de transmisión sexual, y ya ha sido adoptada por otros países como Alemania, Colombia, Canadá, entre otros ([Restrepo, 2020](#); [Lohse et al., n.d.](#)). El testeo por bloques es implementado en dos etapas. En una primera etapa, se recolecta muestras de un grupo de personas para ser examinadas en conjunto, si el resultados es negativo, significa que ninguna de las personas esta infectada,

si el resultado es positivo, se procede a realizar pruebas individuales. Determinar el tamaño del grupo es importante y debe estar acorde a las capacidades del sistema de salud. La implementación efectiva del testeo por bloques tiene la capacidad de liberar recursos que pueden ser utilizados en otras medidas de prevención.

Finalmente, dada la fragilidad del sistema de salud boliviano, y el bajo gasto en salud per cápita, el país debería concentrarse en la implementación de medidas de salud pública como el rastreo de contactos. Se estima que una persona puede tener en promedio 13,4 contactos por día ([Mossong, 2008](#)). Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades CDC de Estados Unidos recomienda a los departamentos de salud contar con 30 rastreadores de contacto por 100,000 residentes. Si bien, el sistema de salud no cuenta con un elevado número de trabajadores de salud, los gobiernos locales y los servicios departamentales de salud pueden trabajar con las comunidad y las juntas vecinales para organizar una infraestructura de rastreo de contactos. El rastreo de contactos es una intervención prometedora que puede ayudar a controlar el brote de COVID-19 trabajando con la comunidad y los servicios departamentales de salud.

## REFERENCIAS

- Abbott, S, J Hellewell, RN Thompson, K Sherratt, HP Gibbs, NI Bosse, JD Munday, S Meakin, EL Doughty, JY Chun, YWD Chan, F Finger, P Campbell, A Endo, CAB Pearson, A Gimma, T Russell, null null, S Flasche, AJ Kucharski, RM Eggo, and S Funk.** 2020. "Estimating the time-varying reproduction number of SARS-CoV-2 using national and subnational case counts [version 1; peer review: awaiting peer review]." *Wellcome Open Research*, 5(112).
- Acuña, J, L Andersen, and L Gonzales C.** 2020. "Datos Territoriales para la Gestión de la Pandemia COVID-19 Bolivia." *Documento de Trabajo CLAPES UC N. 77*.
- AGETIC.** 2017. "Resultados Finales Encuesta Nacional de Opinión sobre Tecnologías de Información y Comunicación." *Agencia de Gobierno Electrónico y Tecnologías de Información y Comunicación (AGETIC)*.
- Atkeson, Andrew, Karen Kopecky, and Tao Zha.** 2020. "Estimating and Forecasting Disease Scenarios for COVID-19 with an SIR Model." National Bureau of Economic Research Working Paper 27335.
- Auger, Katherine A., Samir S. Shah, Troy Richardson, David Hartley, Matthew Hall, Amanda Warniment, Kristen Timmons, Dianna Bosse, Sarah A. Ferris, Patrick W. Brady, Amanda C. Schondelmeyer, and Joanna E. Thomson.** 2020. "Association Between Statewide School Closure and COVID-19 Incidence and Mortality in the US." *JAMA*.
- Badr, Hamada S., Hongru Du, Maximilian Marshall, Ensheng Dong, Marietta M. Squire, and Lauren M. Gardner.** 2020. "Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: a mathematical modelling study." *The Lancet Infectious Diseases*.
- Banco Mundial.** 2020. "La economía en los tiempos del COVID-19." Banco Mundial, América Latina y el Caribe Informe Semestral de la región, América Latina y el Caribe, Abril.
- Berger, David W, Kyle F Herkenhoff, and Simon Mongey.** 2020. "An SEIR Infectious Disease Model with Testing and Conditional Quarantine." National Bureau of Economic Research Working Paper 26901.
- Bodas, M., and K. Peleg.** 2020. "Self-Isolation Compliance In The COVID-19 Era Influenced By Compensation: Findings From A Recent Survey In Israel." *Health Aff (Millwood)*, 39(6): 936–941.
- Bonaccorsi, Giovanni, Francesco Pierri, Matteo Cinelli, Andrea Flori, Alessandro Galeazzi, Francesco Porcelli, Ana Lucia Schmidt, Carlo Michele Valensise, Antonio Scala, Walter Quattrociochi, and Fabio Pammolli.** 2020. "Economic and social consequences of human mobility restrictions under COVID-19." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(27): 15530–15535.

- Cerda, Rodrigo, Hermann Gonzalez, and Felipe Larrain.** 2020. "Covid-19: ¿Cuándo es seguro reabrir la economía?" *Documento de Trabajo CLAPES UC N. 78*.
- Cori, Anne, Neil M. Ferguson, Christophe Fraser, and Simon Cauchemez.** 2013. "A New Framework and Software to Estimate Time-Varying Reproduction Numbers During Epidemics." *American Journal of Epidemiology*, 178(9): 1505–1512.
- DW.** 2020. "Bolivia repartirá hasta USD 500 millones en bonos por COVID-19." *Deutsche Welle*.
- Eichenbaum, Martin S, Sergio Rebelo, and Mathias Trabandt.** 2020. "The Macroeconomics of Epidemics." National Bureau of Economic Research Working Paper 26882.
- Estado Plurinacional de Bolivia.** 2010. "Ley Marco de Autonomías y Descentralización .Andrés Ibáñez".
- Estado Plurinacional de Bolivia.** 2017. "Bolivia: Decreto Supremo N° 3293, 24 de agosto de 2017."
- Fernández-Villaverde, Jesús, and Charles I Jones.** 2020. "Estimating and Simulating a SIRD Model of COVID-19 for Many Countries, States, and Cities." National Bureau of Economic Research Working Paper 27128.
- Fondo Monetario Internacional.** 2020. "A Crisis Like No Other, An Uncertain Recovery." International Monetary Fund World Economic Outlook (WEO) June.
- Gai, R., and M. Tobe.** 2020. "Managing healthcare delivery system to fight the COVID-19 epidemic: experience in Japan." *Glob Health Res Policy*, 5: 23.
- Google, LLC.** 2020. "Google COVID-19 Community Mobility Reports." *Accessed Jul 30, 2020*.
- Gu, Youyag.** 2020. "Estimating True Infections: A Simple Heuristic to Measure Implied Infection Fatality Rate." Mimeo.
- Hadjidemetriou, Georgios M., Manu Sasidharan, Georgia Kouyialis, and Ajith K. Parlikad.** 2020. "The impact of government measures and human mobility trend on COVID-19 related deaths in the UK." *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6: 100167.
- Harris, Jeffrey E.** 2020. "Reopening Under COVID-19: What to Watch For." National Bureau of Economic Research Working Paper 27166.
- Havers, Fiona P, Carrie Reed, Travis Lim, Joel M. Montgomery, John D. Klena, Aron J. Hall, Alicia M. Fry, Deborah L. Cannon, Cheng-Feng Chiang, Aridth Gibbons, Inna Krapivunaya, Maria Morales-Betoulle, Katherine Roguski, Mohammad Ata Ur Rasheed, Brandi Freeman, Sandra Lester, Lisa Mills, Darin S. Carroll, S. Michele Owen, Jeffrey A. Johnson, Vera Semenova, Carina Blackmore, Debra Blog, Shua J. Chai, Angela Dunn, Julie Hand, Seema Jain, Scott Lindquist, Ruth Lynfield, Scott Pritchard, Theresa Sokol, Lynn Sosa, George Turabelidze, Sharon M. Watkins, John Wiesman, Randall W. Williams, Stephanie Yendell, Jarad Schiffer, and Natalie J. Thornburg.**

2020. "Seroprevalence of Antibodies to SARS-CoV-2 in 10 Sites in the United States, March 23-May 12, 2020." *JAMA Internal Medicine*.
- INE. 2019. "Encuesta de hogares 2016 - 2018." Instituto Nacional de Estadística de Bolivia Reporte Anual de la Encuesta de Hogares. [https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI\\_30012020ad314\\_3hogarine.pdf](https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI_30012020ad314_3hogarine.pdf).
- INE. 2020a. "Bolivia: Camas, según departamento y tipo de establecimiento, 2005 - 2018." *Instituto Nacional de Estadística, Estado Plurinacional de Bolivia*. <https://www.ine.gob.bo/index.php/registros-administrativos-salud/>.
- INE. 2020b. "Bolivia: Establecimientos de salud, según departamento, 2004 - 2014." *Instituto Nacional de Estadística, Estado Plurinacional de Bolivia*. <https://www.ine.gob.bo/index.php/registros-administrativos-salud/>.
- Kermack, W.O., and A.G. McKendrick.** 1927. "Contributions to the mathematical theory of epidemics, part i." *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section A. Mathematics*, 115: 700–721.
- Kermack, W.O., and A.G. McKendrick.** 1932. "Contributions to the mathematical theory of epidemics, part ii - the problem of endemicity." *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section A. Mathematics*, 138: 55–83.
- Kermack, W.O., and A.G. McKendrick.** 1933. "Contributions to the mathematical theory of epidemics, part iii - further studies of the problem of endemicity." *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section A. Mathematics*, 141: 94–122.
- Kwok, K. O., A. Tang, V. W. I. Wei, W. H. Park, E. K. Yeoh, and S. Riley.** 2019. "Epidemic Models of Contact Tracing: Systematic Review of Transmission Studies of Severe Acute Respiratory Syndrome and Middle East Respiratory Syndrome." *Comput Struct Biotechnol J*, 17: 186–194.
- Lavezzo, Enrico, Elisa Franchin, Constanze Ciavarella, Gina Cuomo-Dannenburg, Luisa Barzon, Claudia Del Vecchio, Lucia Rossi, Riccardo Manganeli, Arianna Loregian, Nicolò Navarin, Davide Abate, Manuela Sciro, Stefano Merigliano, Ettore De Canale, Maria Cristina Vanuzzo, Valeria Besutti, Francesca Saluzzo, Francesco Onelia, Monia Pacenti, Saverio Parisi, Giovanni Carretta, Daniele Donato, Luciano Flor, Silvia Cocchio, Giulia Masi, Alessandro Sperduti, Lorenzo Cattarino, Renato Salvador, Michele Nicoletti, Federico Caldart, Gioele Castelli, Eleonora Nieddu, Beatrice Labella, Ludovico Fava, Matteo Drigo, Katy A. M. Gaythorpe, Kylie E. C. Ainslie, Marc Baguelin, Samir Bhatt, Adhiratha Boonyasiri, Olivia Boyd, Lorenzo Cattarino, Constanze Ciavarella, Helen L. Coupland, Zulma Cucunubá, Gina Cuomo-Dannenburg, Bimandra A. Djafaara, Christl A. Donnelly, Iliaria Dorigatti, Sabine L. van Elsland, Rich FitzJohn, Seth Flaxman, Katy A. M. Gaythorpe, Will D. Green, Timothy Hallett, Arran Hamlet, David Haw, Natsuko Imai, Benjamin Jeffrey, Edward Knock, Daniel J. Laydon, Thomas Mellan, Swapnil Mishra, Gemma Nedjati-Gilani, Pierre Nouvellet, Lucy C. Okell, Kris V. Parag, Steven Riley, Hayley A. Thompson, H. Juliette T. Unwin, Robert Verity, Michaela A. C. Vollmer, Patrick G. T. Walker, Caroline E. Walters, Haowei**

- Wang, Yuanrong Wang, Oliver J. Watson, Charles Whittaker, Lilith K. Whittles, Xiaoyue Xi, Neil M. Ferguson, Alessandra R. Brazzale, Stefano Toppo, Marta Trevisan, Vincenzo Baldo, Christl A. Donnelly, Neil M. Ferguson, Ilaria Dorigatti, Andrea Crisanti, and Imperial College C. O. V. I. D.-19 Response Team. 2020. "Suppression of a SARS-CoV-2 outbreak in the Italian municipality of Vo'." *Nature*.
- Ledo, C., Soria R. 2011. "Sistema de salud de Bolivia." *Salud Pública de México*, 53.
- Liu, Laura, Hyungsik Roger Moon, and Frank Schorfheide. 2020. "Panel Forecasts of Country-Level Covid-19 Infections." National Bureau of Economic Research Working Paper 27248.
- Lohse, Stefan, Thorsten Pfuhl, Barbara Berkó-Göttel, Jürgen Rissland, Tobias Geißler, Barbara Gärtner, Sören L. Becker, Sophie Schneitler, and Sigrun Smola. n.d.. "Pooling of samples for testing for SARS-CoV-2 in asymptomatic people." *The Lancet Infectious Diseases*.
- Ministerio de Salud de Bolivia. 2010. "Normas de Diagnóstico y Manejo Clínico del Dengue."
- Ministerio de Salud de Bolivia. 2019. "En Bolivia más de 2.400.000 personas se inscribieron al Sistema Único de Salud." *Unidad de Comunicación, Ministerio de Salud*.
- Ministerio de Salud de Bolivia. 2020. "Índice de Riesgo Municipal COVID-19 06/05/2020." *Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Salud*. [https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI\\_30012020ad314\\_3hogarine.pdf](https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI_30012020ad314_3hogarine.pdf).
- Mossong, J., Hens N. Jit M. Beutels P.-Auranen K. Mikolajczyk R. . . . Edmunds W. J. 2008. "Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases." *PLoS Med*, 5(3): e74.
- Muriel, B. 2020. "El coronavirus y la extrema pobreza: el caso de las zonas urbanas de Bolivia." *Blog INESAD, Desarrollo sobre la mesa*. <https://inesad.edu.bo/dslm/author/bmuriel/>.
- PAHO. 2020. "Reported Cases of Dengue Fever in the Americas." *Pan American Health Organization*. <https://www.paho.org/data/index.php/en/mnu-topics/indicadores-dengue-en/dengue-nacional-en/252-dengue-pais-ano-en.html>.
- Restrepo, S., Gonzáles J. M. Medaglia A. 2020. "¿Cómo optimizar las pruebas diagnósticas para el COVID-19?" *Universidad de los Andes*.
- Saurabh, S., and S. Prateek. 2017. "Role of contact tracing in containing the 2014 Ebola outbreak: a review." *Afr Health Sci*, 17(1): 225–236.
- Scarpetta, S., Pearson M. Colombo F. Guanais F. 2020. "Beyond containment: Health systems responses to COVID-19 in the OECD." *OECD*. [https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=119\\_119689-ud5comtf84&title=Beyond\\_Containment:Health\\_systems\\_responses\\_to\\_COVID-19\\_in\\_the\\_OECD](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=119_119689-ud5comtf84&title=Beyond_Containment:Health_systems_responses_to_COVID-19_in_the_OECD).

- Shadmi, E., Y. Chen, I. Dourado, I. Faran-Perach, J. Furler, P. Hangoma, C. Hanvoravongchai, P. Obando, V. Petrosyan, K. D. Rao, K. Lorena-Ruano, Eugenio de Souza L. Shi, L., S. Spitzer-Shohat, E. Sturgiss, R. Suphanchaimat, M. Villar-Uribe, and S. Willems.** 2020. "Health equity and COVID-19: global perspectives." *International journal for equity in health*, 19.
- Swanson, K. C., C. Altare, C. S. Wesseh, T. Nyenswah, T. Ahmed, N. Eyal, E. L. Hamblion, J. Lessler, D. H. Peters, and M. Altmann.** 2018. "Contact tracing performance during the Ebola epidemic in Liberia, 2014-2015." *PLoS Negl Trop Dis*, 12(9): e0006762.
- The World Bank.** 2020. "World Development Indicators." <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=world-development-indicators>.
- Thomas, H., S. Webster, and Phillips T. Petherick, A., and B. Kira.** 2020. "Oxford COVID-19 Government Response Tracker." *Blavatnik School of Government*. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/coronavirus-government-response-tracker>.
- Tudela C., M.** 2020. "Salud: ¿Con qué capacidad hospitalaria enfrenta Bolivia la emergencia en la sanidad?" *Periódico Digital PIEB*.
- Zhou, Ying, Renzhe Xu, Dongsheng Hu, Yang Yue, Qingquan Li, and Jizhe Xia.** 2020. "Effects of human mobility restrictions on the spread of COVID-19 in Shenzhen, China: a modelling study using mobile phone data." *The Lancet Digital Health*, 2(8): e417–e424.